

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA

Facultad de Ciencias

**Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica y
Telecomunicaciones**



TESIS

**“DISEÑO DE UNA RED DE FTTH PARA EL ACCESO DE
BANDA ANCHA EN EL CONDOMINIO GALILEA –
CASTILLA, UTILIZANDO TECNOLOGÍA GPON”**

Presentado por:

Br. Sergio Abel Ramírez Zapata

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES**

**Línea de investigación: Informática, electrónica y
telecomunicaciones**

Sub línea de investigación: Comunicaciones

Piura - Perú

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA

Facultad de Ciencias

Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica y

Telecomunicaciones



**“DISEÑO DE UNA RED DE FTTH PARA EL ACCESO DE BANDA
ANCHA EN EL CONDOMINIO GALILEA – CASTILLA,
UTILIZANDO TECNOLOGÍA GPON”**

TESIS

Para optar el título profesional de:

INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES

Dr. Carlos Enrique Arellano Ramírez
ASESOR

Br. Sergio Abel Ramírez Zapata
AUTOR

Piura - Perú

2019

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE LA TESIS

Yo: Sergio Abel Ramírez Zapata con DNI N° 48490735, Bachiller de Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, de la Facultad de Ciencias y domiciliado en el Asentamiento Humano Ricardo Jáuregui Mz C1 Lote 25- Piura.

Celular: 984011203

Email: serazaramirez@gmail.com

DECLARO BAJO JURAMENTO: que la tesis que presento es auténtica e inédita, no siendo copia parcial ni total de una tesis desarrollada, y/o realizada en el Perú o en el Extranjero, en caso contrario de resultar falsa la información que proporciono, me sujeto a los alcances de lo establecido en el Art. N° 411, del código Penal concordante con el Art. 32° de la Ley N° 27444, y Ley del Procedimiento Administrativo General y las Normas Legales de Protección a los Derechos de Autor.

En fe de lo cual firmo la presente.

Piura, Julio del 2019



Sergio Abel Ramírez Zapata



Artículo 411.- El que, en un procedimiento administrativo, hace una falsa declaración en relación a hechos o circunstancias que le corresponde probar, violando la presunción de veracidad establecida por ley, será reprimido con pena privativa de libertad no menor de uno ni mayor de cuatro años.
Art. 4. Inciso 4.12 del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales –RENATI Resolución de Consejo Directivo N° 033-2016-SUNEDU/CD

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA

Facultad de Ciencias

**Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica y
Telecomunicaciones**

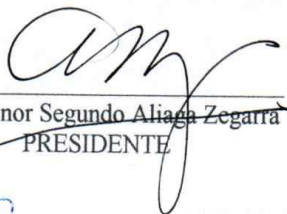



**“DISEÑO DE UNA RED DE FTTH PARA EL ACCESO DE BANDA
ANCHA EN EL CONDOMINIO GALILEA – CASTILLA,
UTILIZANDO TECNOLOGÍA GPON”**

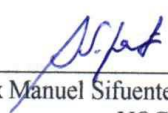
TESIS

Para optar el título profesional de:

INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES


Dr. Antenor Segundo Aliaga Zegarra
PRESIDENTE


Ing. Mario Augusto Ramos Echevarría.
SECRETARIO


Ing. Ayax Manuel Sifuentes Montes MSc.
VOCAL

Piura - Perú

2019

Acta de Sustentación



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA FACULTAD DE CIENCIAS



"AÑO DE LA LUCHA CONTRA LA CORRUPCIÓN Y LA IMPUNIDAD"

ACTA DE SUSTENTACIÓN 043-2019-UI-FC-UNP

Los Miembros del Jurado Calificador que suscriben, reunidos para evaluar la Tesis denominada "DISEÑO DE UNA RED DE FTTH PARA EL ACCESO DE BANDA ANCHA EN EL CONDOMINIO GALILEA - CASTILLA, UTILIZANDO TECNOLOGÍA GPON", presentado por el Señor Bachiller **SERGIO ABEL RAMÍREZ ZAPATA**, con el asesoramiento del **Dr. Carlos Enrique Arellano Ramírez**; oídas las observaciones y respuestas a las preguntas formuladas, y de conformidad al Reglamento de Tesis para obtener el Título Profesional en la Facultad de Ciencias, lo declaran:

APROBADO (X)

DESAPROBADO ()

Con la mención de:

MUY BUENO.

(X) En consecuencia, queda en condición de ser ratificado por el Consejo de Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Piura, y recibir el **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES**.

(X) En consecuencia, queda en condición de ser ratificado por el Consejo Universitario de la Universidad Nacional de Piura, y recibir el **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES**, después que el sustentante incorpore la sugerencia del Jurado Calificador.

Piura, 01 de agosto del 2019.

UNP

Dr. **ANTENOR, SEGUNDO ALIAGA ZEGARRA**
PRESIDENTE DE JURADO DE TESIS

Ing. **MARIO AUGUSTO RAMOS ECHEVARRIA**
SECRETARIO DE JURADO DE TESIS

Ing. **AYAX MANUEL SIFUENTES MONTES, MS.c.**
VOCAL DE JURADO DE TESIS



Campus Universitario - Urb. Miraflores S/N. Castilla
PIURA - PERU

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente al creador de todas las cosas, el que me ha dado fortaleza para continuar cuando en ocasiones estaba dispuesto a desistir, **DIOS**; además, por haberme dado la vida y permitirme haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

De igual manera, dedicar el presente trabajo de investigación a mí madre y abuelos maternos, quienes dedicaron su vida a instruirme. Porque a causa del juicio estricto de mi Madre, que se convirtió en la aleación perfecta para poder sacarnos adelante; a mi Abuelo por enseñarme a luchar, educarme y por ser ese padre que nunca tuve; y el amor incondicional de mi Abuela que es la voz melodiosa, amable y comprensible que me escuchaba cuando me sentía solitario. Todo su ubérrimo cariño y amor los impulsó a depositar su confianza en mí y estar presentes en cada etapa de mi formación, de modo que, se han convertido en fuente de inspiración y sabiduría, siendo en mi vida un ejemplo de superación y de lucha.

No podrían culminar sin antes hacer mención a mis tíos maternos que han sido sustento de lucha, trabajo durante esta larga travesía. En especial a Omar, por apoyarme, enseñarme los trabajos de estructuras metálicas y lo más valioso ser humilde. Y a mis dos hermanos que seguimos juntos descubriendo la felicidad que da al final los obstáculos de la vida.

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo de investigación es un compendio de tiempo, esfuerzo, sacrificio y dedicación, en el cual participaron directa e indirectamente distintas personas aportando conocimiento a través de sus competencias y experiencias.

Especial reconocimiento merece el Dr. Carlos Enrique Arellano Ramírez, por su exhaustiva y diligente forma de instruirme, orientarme y motivarme a estructurar, refinar y plasmar de manera concreta el presente proyecto, que nació de una incipiente idea. Además de dedicar parte importante de su tiempo al seguimiento y supervisión continua del mismo.

Un agradecimiento muy especial merece la comprensión, paciencia y el ánimo recibidos de mi familia y amigos.

A todos ellos, Muchas Gracias.

RESUMEN

Las redes de fibra óptica FTTH se ha convertido en la última tecnología que utilizan los países desarrollados para mejorar el acceso de ancho de banda, en el Perú se han realizado estudios en muchos lugares para implementar esta tecnología y ponerlo en marcha, los que se han puesto en marcha son aquellos proyectos donde la mayoría de beneficiados en esta tecnología son las grandes y pequeñas empresas. Hoy en día los condominios, urbanizaciones, country clubs, etc. Son los principales centros de atracción para diseñar una red FTTH

En la presente tesis se diseñó una red de fibra óptica FTTH con estándar GPON en el condominio Galilea, ubicado en el distrito de Castilla, para cubrir las demandas que existen en todos los hogares de dicho condominio, para mejorar la velocidad de carga y descarga, y tener mayor acceso a la banda ancha de datos por fibra óptica hasta el hogar.

Para esto se tuvo que realizar un cálculo o estudio de la demanda potencial en los servicios de datos de banda ancha, ya sea en datos, voz y video, en el condominio de Galilea, luego se procedió a diseñar la red de telecomunicaciones FTTH que cubra todos los hogares del condominio, como también despliegues para futuros usuarios y por último realizar el cálculo de pérdidas ópticas en la red, así como los anchos de banda por cada interfaz PON.

Palabras Clave: FTTH, GPON, Diseño, Banda Ancha, Red.

ABSTRACT

FTTH fiber optic networks have become the latest technology used by developed countries to improve bandwidth access, in Peru studies have been conducted in many places to implement this technology and implement it, which have been launched are those projects where the majority of beneficiaries of this technology are large and small companies. Nowadays condominiums, urbanizations, country clubs, etc. They are the main centers of attraction to design an FTTH network

In this thesis, an FTTH fiber optic network with GPON standard was designed in the Galilea condominium, located in the district of Castilla, to cover the demands that exist in all the homes of said condominium, to improve the loading and unloading speed, and have greater access to broadband fiber optic data to the home.

For this, a calculation or study of the potential demand in broadband data services, whether in data, voice and video, in the Galilea condominium, had to be carried out, then the FTTH telecommunications network that covers all homes in the condominium, as well as deployments for future users and finally perform the calculation of optical losses in the network, as well as bandwidths for each PON interface.

Keywords: FTTH, GPON, Design, Broadband, Network.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCION.....	1
I. ASPECTOS DE LA PROBLEMÁTICA	2
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	2
1.1.1. Definición del problema	3
1.1.2. Formulación del problema de investigación.....	3
1.2. Justificación e importancia de la investigación	4
1.2.1. Justificación de la investigación	4
1.2.2. Importancia de la investigación	4
1.3. Objetivos de la investigación.....	5
1.3.1. Objetivo general	5
1.3.2. Objetivos específicos	5
1.4. Delimitación de la investigación	5
II. MARCO TEORICO.....	6
2.1. Antecedentes de la investigación.....	6
2.2. Bases teóricas.....	8
2.2.1. Redes FTTH	8
2.2.2. Arquitectura de la Red FTTH.....	10
2.2.2.1. Arquitectura punto a punto (P2P, Point to Point).....	10
2.2.2.2. Arquitectura punto a multipunto (P2MP).....	11
2.2.3. Tecnología GPON (Gigabit-capable passive optical network)	14
2.2.4. El internet y la banda ancha.....	17
2.2.5. Definiciones de banda ancha	17
2.2.6. Redes de comunicaciones de banda ancha	18
2.3. Glosario de términos básicos	18
2.4. Marco referencial.....	19
2.5. Hipotesis	19
2.5.1. Hipótesis general	19
2.5.2. Hipótesis específicas.....	19
III. MARCO METODOLÓGICO	20
3.1. Enfoque y diseño	20
3.2. Sujetos de la investigación.....	20
3.3. Métodos y procedimientos.....	20
3.4. Técnicas e instrumentos.....	20
3.5. Aspectos éticos	21

IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....	22
4.1. Generalidades de la red.....	22
4.2. Demanda potencial para la red FTTH en el condominio Galilea	22
4.2.1. Zona de despliegue de la red	23
4.2.1.1. Despliegue en el condominio Galilea-Zona 1.....	24
4.2.1.2. Despliegue en el condominio Galilea-Zona 2.....	26
4.2.1.3. Despliegue en el condominio Galilea-Zona 3.....	27
4.2.2. Diseño de la red de planta externa de la red FTTH.....	31
4.2.2.1. Ubicación de los equipos de agregación.....	33
4.2.2.2. Ubicación del nodo de la red FTTH.....	33
4.2.2.3. Ubicación de los ODF (Distribuidores de Fibra Óptica).....	34
4.2.2.4. Red de alimentación: Ubicación de los splitters 2x4.....	34
4.2.2.5. Red de Distribución: Ubicación de los splitters 1x16.....	35
4.2.2.6. Despliegue de la fibra óptica.....	35
4.2.2.7. Despliegue de la fibra óptica entre el site de Bitel y el nodo FTTH....	39
4.2.3. Resumen del diseño de la red PON	40
4.2.3.1. Descripción del nodo 1 FTTH.....	40
4.2.3.2. Topología de la zona 01.....	41
4.2.3.3. Topología de la zona 02.....	44
4.2.3.4. Topología de la zona 03.....	45
4.2.4. Equipos y elementos de la red FTTH	47
4.2.4.1. Equipo OLT (Equipo terminal de Línea).....	47
4.2.4.2. Splitter (Divisor Óptico) 2xN.....	48
4.2.4.3. ODF (Distribuidor de fibra óptica).....	49
4.2.4.4. Caja de empalme.....	50
4.2.4.5. Caja terminal Óptica (CTO).....	51
4.2.4.6. Roseta Óptica.....	51
4.2.4.7. Equipo terminal de red (ONT-Optical Network Termination).....	52
4.2.4.8. Cables de fibra óptica.....	53
4.2.4.9. SW Extreme X670-G2-48X.....	54
4.2.4.10. Módulos SFP.....	55
4.2.5. Cálculo de atenuación o pérdidas ópticas de la red.....	55
4.2.6. Designación de ancho de banda por cada interfaz PON	62
CONCLUSIONES	64
RECOMENDACIONES.....	65

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
ANEXOS	69

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1. Redes FTTx, Conceptos y Aplicaciones.....	9
FIGURA 2.2. Escenarios de la red FTTx	10
FIGURA 2.3. Esquema básico de una arquitectura punto a punto (P2P).....	11
FIGURA 2.4. Arquitectura en estrella o en árbol.....	12
FIGURA 2.5. Arquitectura en bus	12
FIGURA 2.6. Arquitectura en anillo	13
FIGURA 2.7. Arquitectura de la red	14
FIGURA 2.8. Tecnología de una red GPON.....	15
FIGURA 2.9. Divisor Óptico o Splitter.....	16
FIGURA 2.10. Redes de comunicación de banda ancha.....	18
FIGURA 4.1. Zonas de despliegue de la red FTTH vista 01	23
FIGURA 4.2. Zonas de despliegue de la red FTTH vista 02	24
FIGURA 4.3. Despliegue en la zona 01- Condominio Galilea	25
FIGURA 4.4. Despliegue en la zona 02- Condominio Galilea	27
FIGURA 4.5. Despliegue en la zona 03-Condominio Galilea	28
FIGURA 4.6. Red de acceso FTTH, utilizando el estándar GPON	33
FIGURA 4.7. Ubicación de la cabecera de la red FTTH	34
FIGURA 4.8. Despliegue de la fibra entre el site de Bitel y el nodo FTTH	39
FIGURA 4.9. Topología del nodo FTTH.....	41
FIGURA 4.10. Topología de la zona 01.....	43
FIGURA 4.11. Topología de la zona 02.....	45
FIGURA 4.12. Topología de la zona 03.....	46
FIGURA 4.13. OLT Huawei MA5608T	48
FIGURA 4.14. Splitters balanceados 2xN	49
FIGURA 4.15. Kit de bandeja de empalme stack-Furukawa	50
FIGURA 4.16. Caja de empalme FK-CEO-4M-144F-Furukawa	50
FIGURA 4.17. Caja terminal FK-CTO-16MC-Furukawa	51
FIGURA 4.18. Roseta Óptica FLEX OPTICAL OVERLAP 1P C-Furukawa	52
FIGURA 4.19. Modem óptico LIGHTDRIVE GPON LD421-21W	52
FIGURA 4.20. Cable aéreo autosoportado-AS-Furukawa.....	53
FIGURA 4.21. Cable aéreo autosoportado AS-RA-Furukawa	54
FIGURA 4.22. Cable óptico (CFOAC-AS-UT)-ABNT-Furukawa.	54

FIGURA 4.23. SW Extreme X670-G2-48X	55
FIGURA 4.24. XGSF-BS3512-20D.....	55
FIGURA 4.25. Topología para cálculo de potencia óptica	56

INDICE DE TABLAS

TABLA 4.1. Número de viviendas en Galilea-Zona 01	26
TABLA 4.2. Número de viviendas por manzana-Zona 02.....	27
TABLA 4.3. Número de viviendas por manzana-Zona 03.....	29
TABLA 4.4. Total del número de splitters de la red de distribución	30
TABLA 4.5. Splitters en la red de Alimentación	35
TABLA 4.6. Total de fibra en la red de alimentación.....	38
TABLA 4.7. Total de fibra entre nodos.....	40
TABLA 4.8. Características básicas del OLT Huawei MA5608T.....	48
TABLA 4.9. Atenuación de elementos de la red.....	57
TABLA 4.10. Potencia óptica de los enlaces de la red principal FTTH.....	60
TABLA 4.11. Potencia óptica de los enlaces de la red backup FTTH.....	61
TABLA 4.12. Tasa de transmisión de los servicios	62
TABLA 4.13. Designación de ancho de banda por interfaz PON.....	63

INTRODUCCION

A medida que pasa el tiempo somos testigos de los grandes avances que se presentan a diario, uno de los principales avances en la tecnología ha sido en el área de las telecomunicaciones, brindándonos los servicios básicos como televisión, telefonía y datos. A nivel nacional se han implementado varias redes de banda ancha para abastecer el uso de la población.

En la actualidad muchos de los usuarios finales optan por obtener paquetes grandes para mejorar las velocidades de ancho de banda y poder mejorar la producción de sus negocios, la mayoría de los usuarios aun lo hace utilizando tecnologías como ADS, ADSL y HFC que es la última tecnología que llega hasta los hogares del Perú.

Las redes de fibra óptica FTTH se ha convertido en la última tecnología que utilizan los países desarrollados para mejorar el acceso de ancho de banda, en el Perú se han realizado estudios en muchos lugares para implementar esta tecnología y ponerlo en marcha, los que se han puesto en marcha son aquellos proyectos donde la mayoría de beneficiados en esta tecnología son las grandes y pequeñas empresas. Hoy en día los condominios, urbanizaciones, country clubs, etc. Son los principales centros de atracción para diseñar una red FTTH

En la presente tesis se diseñó una red de fibra óptica FTTH con estándar GPON en el condominio Galilea, ubicado en el distrito de Castilla, para cubrir las demandas que existen en todos los hogares de dicho condominio, para mejorar la velocidad de carga y descarga, y tener mayor acceso a la banda ancha de datos por fibra óptica hasta el hogar.

Para esto se tuvo que realizar un cálculo o estudio de la demanda potencial en los servicios de datos de banda ancha, ya sea en datos, voz y video, en el condominio de Galilea, luego se procedió a diseñar la red de telecomunicaciones FTTH que cubra todos los hogares del condominio, como también despliegues para futuros usuarios y por último realizar el cálculo de pérdidas ópticas en la red, así como los anchos de banda por cada interfaz PON.

I. ASPECTOS DE LA PROBLEMÁTICA

1.1. Descripción de la realidad problemática

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), al cierre del 2016 se estimó una población de 31'488,625 habitantes, de los cuales el 5.92% pertenecen al Departamento de Piura (INEI, 2017).

Ya son muchos los países en el mundo que han desplegado fibra óptica como medio de transporte tanto a nivel MAN, WAN y LAN, siendo un medio de transporte que llega a alcanzar mayores anchos de banda y mejorando la velocidad en los servicios que se utilizan por internet. El Peru no es muy ajeno al desarrollo de proyectos en el área de telecomunicaciones, sobre todo en lugares como residencias, condominios o country clubs.

En la actualidad están en marcha diferentes proyectos de fibra óptica, ya sean redes dorsales (red principal) y las redes FTTN (Fiber to the node), HFC (Hybrid fiber-coaxial) y FTTH (Fiber to the Home), muchos proyectos han sido desarrollados por empresas privadas como Telefónica, Claro, Optical Network, Americatel, Fiberlux, entre otras. Como también varios proyectos han sido desarrollados por el Estado Peruano, representado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), que tiene como objetivo principal llegar con fibra óptica y ofrecer servicios de Banda ancha a diferentes puntos del país.

Los usuarios cada vez requieren tener mayor capacidad de ancho de banda de internet hasta sus hogares, es por tal motivo que surgen las redes a través de fibra óptica, debido a las grandes velocidades y la mayor capacidad que se puede transportar por la fibra óptica.

Las grandes ventajas de utilizar fibra óptica es la baja contaminación al medio ambiente a comparación de los enlaces microondas que generan contaminación a través de la radiación electromagnética en los enlaces punto a punto, y otra de las ventajas es la composición de la fibra hecha por silicio.

Otra de las ventajas en utilizar fibra óptica es la reducción de cantidad de cable, debido a la contextura de tiene la fibra óptica, al utilizar fibra óptica no se requieren de amplificadores para recuperar señal, debido a que el alcance supera los 10 km hasta el hogar, no es propenso a ocasionar cortes del servicio o intermitencias como los radioenlaces o los problemas de atenuación en los cables de cobre. Otra de las ventajas es que las redes FTTH utilizan equipos y materiales pasivos, lo cual no es necesario tener una fuente de energía en el tendido de la fibra. Es por eso que la fibra óptica es más recomendable utilizarse.

En esta investigación se diseñó una red FTTH (fibra óptica hasta el hogar), en primer lugar se realiza una estimación de la demanda potencial en el condominio, seguidamente se realiza el diseño de una red troncal (desde el nodo del proveedor hasta el nodo ubicado en el condominio Galilea), posteriormente diseñar una red de conexión (FTTH) en todo el condominio Galilea, utilizando equipos GPON en el nodo y ONT en el usuario final.

1.1.1. Definición del problema

La problemática radica en la necesidad del servicio de internet en los hogares del condominio Galilea, la mayoría de los hogares carece de este servicio que es de gran utilidad hoy en día, y algunos poseen este servicio, pero con dificultades como baja velocidad y pérdidas constantes de señal, debido al medio de transporte como cable de cobre y radioenlaces. En muchos de los casos llevar internet hacia el hogar por fibra óptica es una de las necesidades más importantes en las personas del condominio Galilea, para mejorar la investigación a nivel escolar, universitario y profesional, acceder a las clases online, y en muchos casos mejorar la comunicación a través de VoIP y IPTV.

1.1.2. Formulación del problema de investigación

Pregunta general

¿Será posible diseñar una red de fibra óptica FTTH en todo el condominio de Galilea, del distrito de Castilla?

Preguntas específicas

¿Es posible realizar un cálculo de la demanda potencial en los servicios de datos de banda ancha, ya sea en datos, voz y video, en el condominio de Galilea?

¿Se podrá diseñar la red de telecomunicaciones FTTH que cubra todos los hogares del condominio, como también despliegues para futuros usuarios?

¿Es posible realizar el cálculo de pérdidas ópticas en la red, así como los anchos de banda por cada interfaz PON?

1.2. Justificación e importancia de la investigación

1.2.1. Justificación de la investigación

El desarrollo de la investigación nace por la necesidad de tener un mayor acceso de ancho de banda y mejorar las velocidades que brindan las tecnologías ADSL, HFC y enlaces microondas. Las zonas residenciales y condominios son las que requieren tener un servicio con mayor capacidad de ancho de banda para abastecer las necesidades de carga y descarga de información. La población en general requiere mejorar los servicios online que brindan, clases educativas online, ventas por internet, mejorar la investigación, en muchos casos el ancho de banda en los hogares no abastece las necesidades de todos los miembros de la familia.

El distrito de Castilla se encuentra en desarrollo en los aspectos tecnológicos, sobre todo el condominio Galilea que aún no cuenta con una red FTTH y que más que implementar una nueva tecnología para mejorar el acceso de ancho de banda utilizando una red FTTH con tecnología GPON.

1.2.2. Importancia de la investigación

Esta investigación es muy importante ya que no hay antecedentes de diseño de una red FTTH de telecomunicaciones utilizando fibra óptica como medio de transporte para el condominio de Galilea, con lo cual contribuye al conocimiento

ya que será de interés para que cualquier operador privado de telecomunicaciones lo desarrolle.

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Diseñar una red de fibra óptica FTTH para el acceso de banda ancha en todo el condominio de Galilea, del distrito de Castilla.

1.3.2. Objetivos específicos

- Realizar un cálculo de la demanda potencial en los servicios de datos de banda ancha, ya sea en datos, voz y video, en el condominio de Galilea.
- Diseñar la red de telecomunicaciones FTTH que cubra todos los hogares del condominio, como también despliegues para futuros usuarios.
- Realizar el cálculo de pérdidas ópticas en la red, así como los anchos de banda por cada interfaz PON.

1.4. Delimitación de la investigación

El presente trabajo de investigación se realizará en el Condominio Galilea del distrito de Castilla, Piura durante el segundo semestre del año 2019 y parte del 2019. Para el estudio se considerarán todas las casas del condominio para cubrir la demanda requerida.

II. MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de la investigación

En la provincia de Piura se han registrado proyectos de fibra óptica que llegan solo en la ciudad de Piura, existen antecedentes de estudios de una red FTTH que se haya desplegado en el distrito de Piura, pero no en el condominio de Galilea, no existe tesis relacionadas a una red FTTH extendida en el condominio de Galilea, utilizando tecnología GPON. Sin embargo, existen algunas investigaciones desarrolladas en el distrito de Piura y en diversos países del mundo, tales como:

En la tesis titulada “Diseño de una red de fibra óptica FTTH para el acceso de banda ancha en el distrito de Piura” en el año 2018, desarrollado por Dennis Joel Ancajima Silva, en la Universidad Nacional de Piura, se plantea diseñar una red FTTH con estándar GPON, utilizando un OLT ZXA10-C320; la red se expande en una arquitectura árbol utilizando splitter en la fase de alimentación y splitter en la fase de distribución.

La red FTTH, se ha desplegado en cinco urbanizaciones (Los Cocos del Chipe, La Rivera, Los Geranios, Santa María del Pinar, San Eduardo) y una zona residencial de Vicus; del distrito de Piura, antes de proceder con el diseño se realizó un estudio de demanda en el distrito de Piura el cual se llegó a estimar que la red FTTH beneficia a un 50% de abonados, siendo un total de 831 aproximadamente.

Dicho trabajo de tesis concluye lo siguiente: “Se realizó el diseño de la red FTTH, desplegando la red en un 50%, por cinco urbanizaciones y una zona residencial del distrito de Piura, se determinó un promedio del 50% de hogares por cada manzana y de acuerdo a eso se calculó el total de splitter secundarios y el total de splitter primarios. Se diseñó una red backup (red de respaldo), en arquitectura anillo, compartiendo el mismo cable de fibra óptica, pero con diferentes hilos de fibra; se planteó utilizar un OLT adicional para la red backup, quedando como respaldo frente a daños del OLT principal o el daño de la red principal.”

En la tesis titulada “Diseño y construcción de una red fibra óptica (FTTH) para brindar servicios de voz, videos y datos en sector barrios bajos de la ciudad de

Valdivia” en el año 2014 por Jhonatan Roberto Asenjo Bertin, en la Universidad Austral de Chile, se plantea diseñar y construir una red de fibra óptica FTTH de acuerdo a los requerimientos comerciales y ventas requeridos para el sector propuesto, diseñar e implementar de acuerdo a las especificaciones técnicas de cabeceras FO (Fibra Óptica), cables, mufas, CDAs y equipamiento OLT de la red. Dicho trabajo de tesis concluye lo siguiente: “Las redes FTTH son muy superiores a las redes que utilizan cobre en su arquitectura e implementación, debido a que este tipo de redes contiene electrónica activa la cual requiere mayores cuidados. El área de cobertura de la red que se ha diseñado es total para el sector planteado, con lo cual los usuarios que demandan los distintos servicios prestados, podrán tener la opción de migrar desde la red de cobre a una red FO de mayores prestaciones. Desde el punto de vista de la ingeniería es posible asociar directamente lo teórico con lo práctico, lo cual se refleja en la red implementada en este trabajo.”

Además, en la tesis titulada “Estudio y diseño de una red FTTH en un campus universitario y una vivienda residencial” en el año 2009, desarrollado por Arturo Osvaldo Ojeda Sotomayor, en la Pontificia Universidad Católica del Perú, plantea la propuesta económica de la red para cada tipo de medio a utilizar en su implementación: fibra óptica (red FTTH) y cobre (red ADSL). Posteriormente, se realiza un estudio de mercado del servicio Triple Play a través de una encuesta a la comunidad universitaria de la Pontificia Universidad Católica del Perú para estimar el precio que el público estaría dispuesto a pagar por el servicio. Finalmente, para determinar la viabilidad del proyecto se lleva a cabo el análisis de los factores económicos a través de los criterios de evaluación de proyectos.”

Asimismo en el estudio titulado “Planning and Designing FTTH Network: Elements, Tools and Practical Issues”, desarrollado por Josep Segarra, de la Universitat Politècnica de Catalunya, en este estudio “considera soluciones para la planificación y el diseño de redes de acceso de fibra óptica desde el punto de vista de un operador incumbente; teniendo en cuenta la administración de componentes, herramientas de mapeo, diseño de aplicaciones y recursos de automatización. La planificación de la red FTTH está resumido en cuestiones estratégicas, tales como la decisión de las áreas; el diseño está dividido en cinco secciones: HCO, alimentador, distribución, dispersión y redes de usuario.

El HCO llega a varias zonas de cobre vecinas heredadas hasta 200000 usuarios y las distancias se limitan a 20 km cuando se usa GPON; en el HCO, un ODF conecta los OLT a los cables de alta capacidad, que componen la red de alimentación en topología de árbol que cubre áreas FCP. Las redes de distribución lanzan cables laterales de FCP a OTB eternos o internos, el cable de redes de dispersión externas e interiores OTB con los OTO en las casas de los usuarios con conector previo o cables verticales, respectivamente. Finalmente, en los hogares, la red de usuarios distribuye principalmente cables Ethernet o Wi-fi desde el ONU a los dispositivos de servicio”.

Además, en la tesis titulada “Diseño de una red FTTH utilizando el estándar Gpon en el distrito de Magdalena del Mar”, desarrollado por Joseph William Arias de la Cruz, en la Pontificia Universidad Católica del Perú, propone un diseño de red FTTH con estándar GPON el cual brindara un servicio con velocidades altas de carga y descarga, una red confiable debido a su red redundante y costos accesibles para el usuario del hogar, concluye su estudio brindando altas velocidades, a comparación del mercado, 19 Mbps de carga y 31 Mbps de descarga, diseño una red con redundancia, ya que la red de alimentación posee una arquitectura en anillo, la cual ayudara a la red en posibles daños en la fibra; es decir, si una fibra se daña se activara el puerto pasivo del módulo OLT. Este puerto está conectado a una fibra de respaldo que a su vez está conectado hacia la red de distribución y con el fin de seguir brindando el servicio sin interrupciones”.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Redes FTTH

Fibra óptica hasta el hogar, o según sus siglas en ingles FTTH (Fiber to the home), es una tecnología de telecomunicaciones que consiste en la utilización de cableado de fibra óptica y sistemas de distribución ópticos para la provisión de servicios de internet, telefonía IP y televisión (IPTV) a hogares, negocios y empresas. Se empezó a implementarse hace 10 años aproximadamente en países como EEUU, Japón y España. Este tipo de fibra permite mayores velocidades simétricas y asimétricas de conexión, con un alcance de hasta 300 megas, dependiendo del tipo de cable modem.

Los principales elementos que forman parte de la red FTTH son:

- ✓ OLT (Optical Line Termination): equipo de central.
- ✓ Cable de fibra de diferentes capacidades.
- ✓ Divisores ópticos (splitter)
- ✓ Caja de empalme, distribución y terminación
- ✓ CTO's: Cajas terminales ópticas
- ✓ ONT (Optical Network Termination): Equipo de usuarios. (Antonio Pérez, 2012)

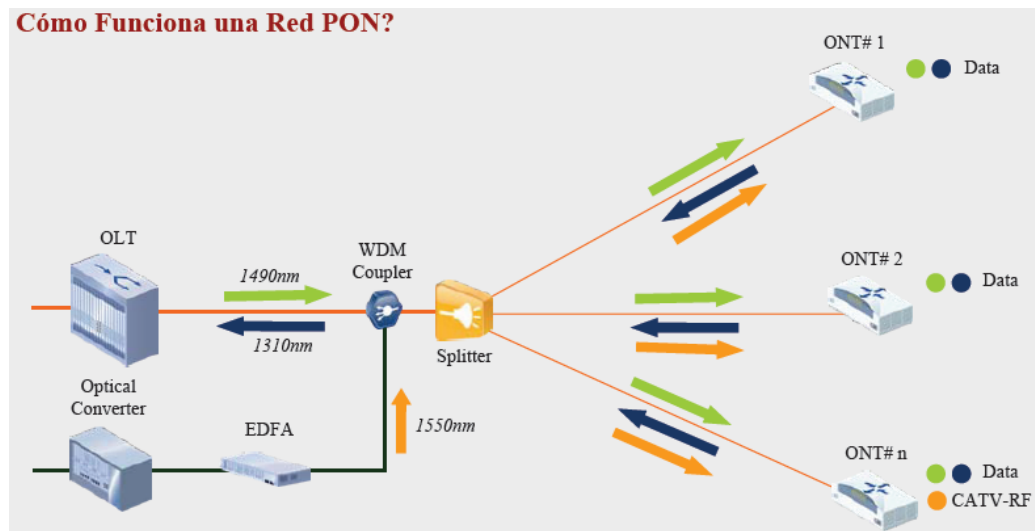


Figura 2.1. “Redes FTTx, Conceptos y Aplicaciones”
Fuente: IEEE Argentina, Miguel Lattanzi.

El despliegue de la fibra óptica se ha realizado en diferentes fases, alcanzando en cada una de ellas hasta un punto determinado de la red. El punto alcanzado esta indica por medio de la última letra FTTx (“Fiber to the x” Fibra hasta x) correspondiéndose con los casos:

- ✓ FTTN (Fiber to the Node): Fibra hasta el nodo.
- ✓ FTTC (Fiber to the Curb): Fibra hasta un punto remoto.
- ✓ FTTB (Fiber to the Building): Fibra hasta el edificio.
- ✓ FTTH (Fiber to the Home): Fibra hasta el domicilio usuario. (Antonio Pérez, 2012)

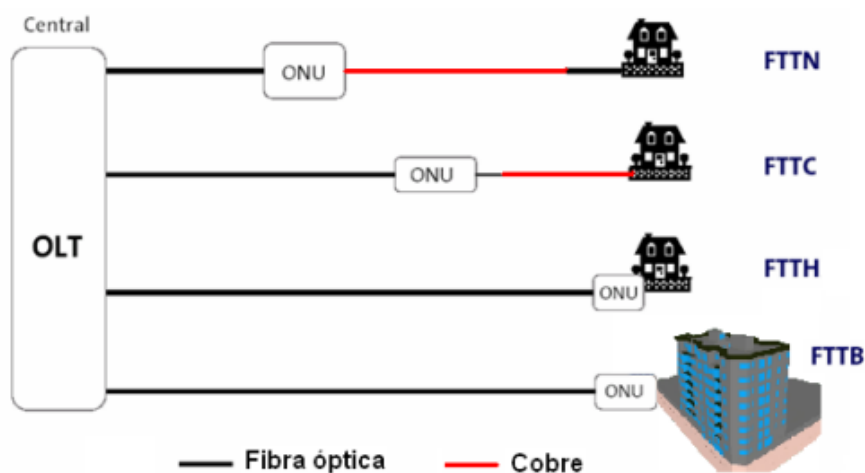


Figura 2.2. Escenarios de la red FTTx.

Fuente: Proyecto “Implantación de la red FTTH como alternativa a la red de cobre”,
(Antonio Pérez, 2012)

2.2.2. Arquitectura de la Red FTTH

En una red FTTH se despliega fibra óptica desde la central o cabecera de red hasta la roseta óptica situada en la propia vivienda del abonado, FTTH es la tecnología que ofrece más ancho de banda de transmisión, sin embargo, es la que requiere mayor inversión, pues es necesario cablear desde la central hasta el abonado. Al realizar el despliegue de redes FTTH se puede diferenciar, de manera directa dos tipos principales de arquitectura:

2.2.2.1. Arquitectura punto a punto (P2P, Point to Point).

No es la arquitectura fundamental o característica en un despliegue de red FTTH, pero es un gran complemento al mismo. este tipo de arquitecturas pretenden el diseño de una red basada en conexiones dedicadas desde la central hasta cada uno de los abonados, de tal modo que cada uno de ellos disponga de un medio de transmisión para ellos mismos, sin tener que compartirlo con otro abonado. (Lozano Blanco, 2014)

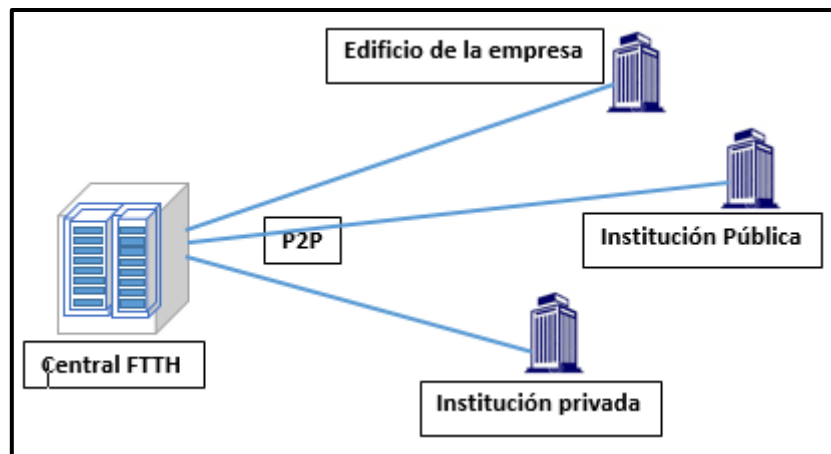


Figura 2.3. Esquema básico de una arquitectura punto a punto (P2P)
Fuente: (Dennis Ancajima, 2018)

2.2.2.2. Arquitectura punto a multipunto (P2MP)

Las redes FTTH se pretenden conseguir estructuras sencillas y con bajos costos, por lo que en la tecnología FTTH se utiliza la configuración punto a multipunto, comúnmente llamada PON (Passive Optical Network) o Red Óptica Pasiva. Con esta arquitectura se reduce el precio de la red mediante el uso de elementos pasivos sencillos, repartiendo los costes entre varios segmentos de la red. Así pues, los usuarios comparten un mismo cable de fibra que llega hasta el splitter, donde la señal es distribuida hacia sus respectivos destinos. (Marchukov, 2011).

Las redes ópticas pasivas pueden adoptar distintas topologías como:

✓ Arquitectura en estrella o en árbol

Es el más utilizado en las redes FTTH debido a su bajo coste y a su gran eficiencia. Su estructura consiste en la interconexión del nodo central con un divisor óptico con un solo tramo de la fibra (figura N° 2.4). El divisor es el dispositivo pasivo que se encarga de repartir la señal enviándola a sus destinatarios. Para poder realizar las tareas de conmutación en el divisor se asignan unos intervalos de tiempo específico para los ONTs. (Marchukov, 2011).

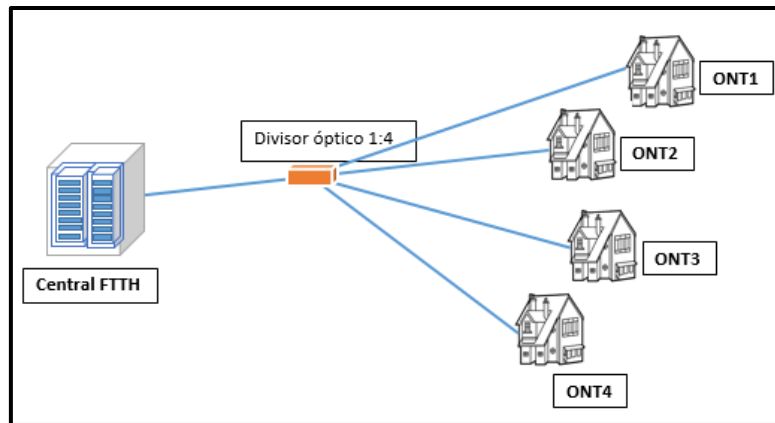


Figura 2.4. Arquitectura en estrella o en árbol
Fuente: (Dennis Ancajima, 2018)

✓ Arquitectura en bus

En esta arquitectura el nodo central está conectado a otros nodos mediante un enlace común, que comparten todos los nodos (ONTs) de la red. El gran inconveniente es la fiabilidad de la transmisión, la ruptura del enlace de fibra en un punto determinado del circuito dejaría sin conexión a todos los usuarios situados en el tramo posterior a la rotura del cable. (Marchukov, 2011).

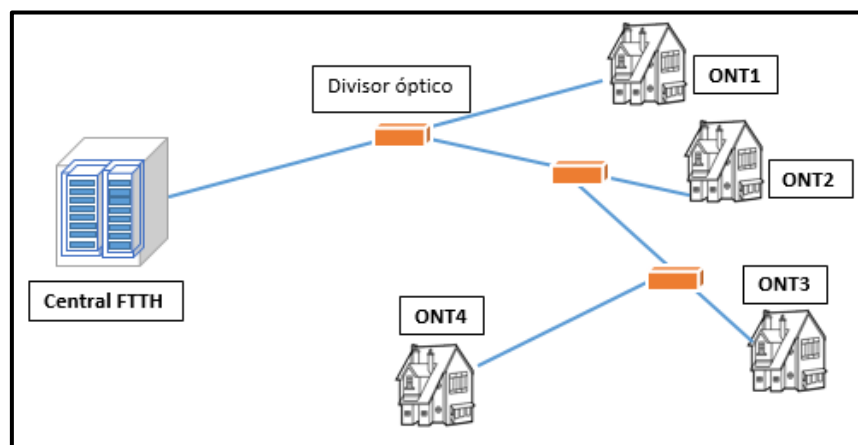


Figura 2.5. Arquitectura en bus
Fuente: (Dennis Ancajima, 2018)

✓ Arquitectura en anillo

La arquitectura en anillo consiste en un enlace común para todos los nodos en forma de anillo, esta arquitectura es capaz de recuperar la comunicación después de un fallo utilizando dos técnicas de protección: la protección de ruta y el enlace/ nodo de recuperación. La

primera consiste en reenviar el tráfico desde el OLT en el sentido contrario al sentido anterior. La segunda técnica es similar, pero en este caso el tráfico se redirecciona en el nodo/ enlace donde se ha producido a rotura. Para asegurar una transmisión basada en fibra óptica el tráfico puede ser cursado por distintos cables de fibra, por si se rompe el cable que estaba siendo utilizado. (Marchukov, 2011).

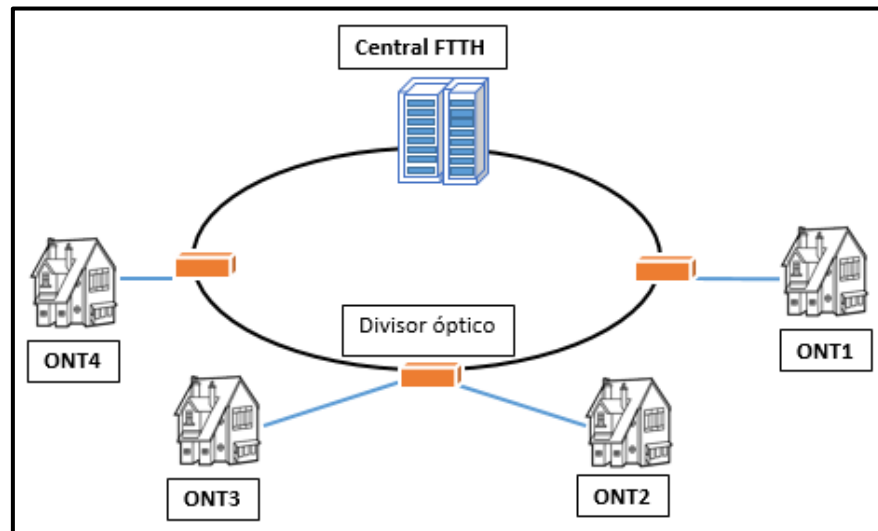


Figura 2.6. Arquitectura en anillo
Fuente: (Dennis Ancajima, 2018)

Arquitectura de las redes FTTx

La sección óptica de un sistema de red de acceso local puede ser activa o pasiva y su arquitectura puede ser punto a punto o punto a multipunto. La figura 2.7 muestra las arquitecturas disponibles, que van de la fibra hasta la vivienda (FTTH, *fibre to the home*), pasando por la fibra hasta el edificio/a la acometida (FTTB/C, *fibre to the building/curb*), hasta la fibra hasta el armario (FTTCab, *fibre to the cabinet*). La OAN (red de acceso óptico) es común a todas las arquitecturas presentadas en la figura 2.7; por consiguiente, la uniformidad de este sistema ofrece la posibilidad de generar grandes volúmenes a escala mundial.

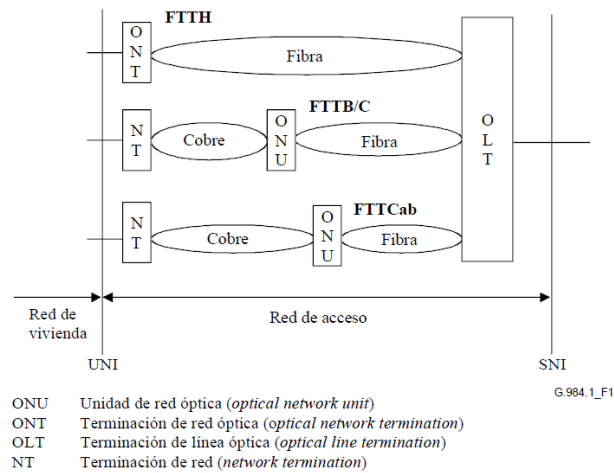


Figura 2.7. “Arquitectura de la red”
Fuente: (ITU-T G.984.1, marzo 2008)

Escenario FTTH

En este escenario se incluyen las siguientes categorías de servicio:

- Servicios de banda asimétricos (por ejemplo, servicios de difusión digital, vídeo por demanda, telecarga de ficheros, etc.).
- Servicios de banda ancha simétricos (por ejemplo, difusión de contenidos, correo electrónico, intercambio de ficheros, cursos a distancia, telemedicina, juegos en línea, etc.).
- Servicio telefónico ordinario (POTS) y red digital de servicios integrados (RDSI). La red de acceso ha de ofrecer, de una manera flexible, servicios telefónicos de banda estrecha con la temporización adecuada para el acceso. (ITU-T G.984.1, marzo 2008)

2.2.3. Tecnología GPON (Gigabit-capable passive optical network)

Es una tecnología de acceso de telecomunicaciones que utiliza cableado de fibra óptica para llegar hasta el usuario, es decir, la última milla se compone de fibra óptica.

Esta tecnología de fibra óptica permite una mayor velocidad de transmisión y recepción de datos a través de una sola fibra, con una arquitectura de punto a

multipunto, que permite fibra óptica al hogar (FTTH), o a un edificio (FTTB). (IPTEL, 13 de julio del 2016)

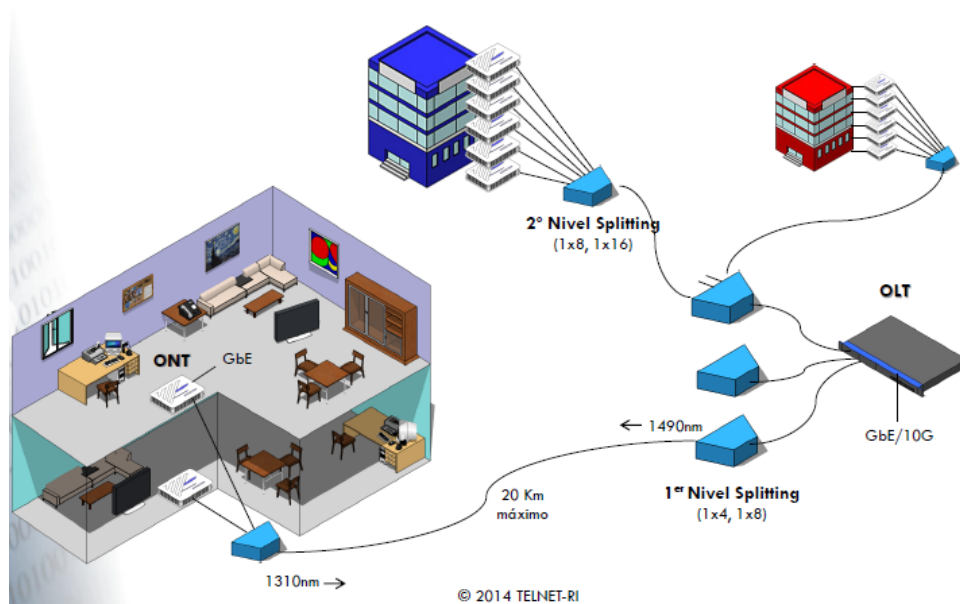


Figura 2.8. Tecnología de una red GPON.

Fuente: “GPON Y GPON Doctor, Introducción y conceptos generales” (TELNET, Adolfo García, mayo 2014)

Especificaciones generales de la tecnología GPON.

➤ Velocidad binaria

Básicamente, la tecnología GPON está prevista para velocidades de transmisión mayor o iguales a 1,2 Gbit/s. Sin embargo, en el caso de FTTH o FTTC con líneas de abonado digital (xDSL, *digital subscriber line*) asimétrica, es posible que no sea necesaria alta velocidad en sentido ascendente. Por consiguiente, la GPON identifica las 7 combinaciones de velocidades de transmisión siguiente:

- 155 Mbit/s sentido ascendente, 1,2 Gbit/s sentido descendente
- 622 Mbit/s sentido ascendente, 1,2 Gbit/s sentido descendente
- 1,2 Gbit/s sentido ascendente, 1,2 Gbit/s sentido descendente
- 155 Mbit/s sentido ascendente, 2,4 Gbit/s sentido descendente
- 622 Mbit/s sentido ascendente, 2,4 Gbit/s sentido descendente
- 1,2 Gbit/s sentido ascendente, 2,4 Gbit/s sentido descendente
- 2,4 Gbit/s sentido ascendente, 2,4 Gbit/s sentido descendente

(ITU-T G.984.1, marzo 2008)

➤ **Alcance lógico**

Se define como la distancia máxima entre ONU/ONT y OLT salvo el límite de la capa física. En GPON, el alcance lógico máximo es de 60 km.

(ITU-T G.984.1, marzo 2008)

➤ **Alcance físico**

Se define como la distancia física máxima entre la ONU/ONT y la OLT. En GPON, se definen dos opciones para el alcance físico: 10 km y 20 km. Se supone que la ONU puede utilizar el diodo láser Fabry-Perot (FP-LD, *Fabry-Perot laser diode*) en una distancia máxima de 10 km para altas velocidades tales como 1,25 Gbit/s o superiores.

(ITU-T G.984.1, marzo 2008)

➤ **Relación de división**

En principio, cuanto más grande sea la relación de división de la GPON, más atrayente resultará para los operadores. Sin embargo, una relación de división más grande implica un divisor óptico más grande, lo cual significa un aumento de la potencia total para soportar el alcance físico.

Con la tecnología actual, una relación de división hasta de 1:64 para la capa física es realista. No obstante, dada la continua evolución de los módulos ópticos, en la capa TC se debería prever la utilizar de relaciones de división hasta de 1:128.

(ITU-T G.984.1, marzo 2008)

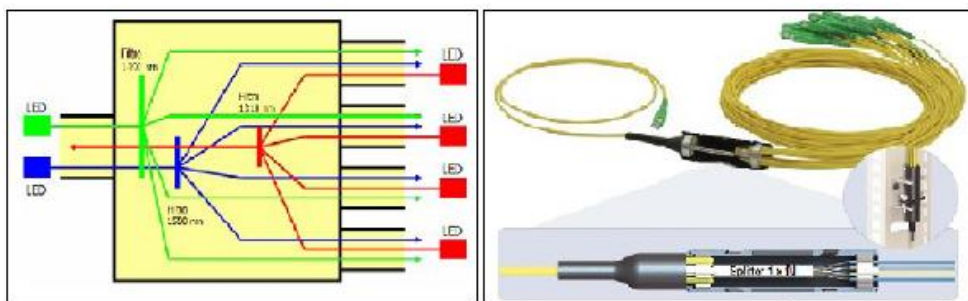


Figura 2.9. “Divisor Óptico o Splitter”

Fuente: Redes GPON-FTTH, Evolución y Puntos Críticos para su despliegue en Argentina (Alvaro Osorio, Universidad de Panamá, 2004)

2.2.4. El internet y la banda ancha

Internet es un conjunto descentralizado de redes de comunicación y computadores, interconectados entre sí mediante un mismo protocolo de comunicación (IP, de la arquitectura TCP/IP), formando una red internacional de alcance mundial públicamente accesible, a través de la cual se proporcionan servicios de información y comunicación de diversa índole, como son los servicios de contenido, el correo electrónico, la voz sobre IP, las redes sociales, entre otros.

2.2.5. Definiciones de banda ancha

La Banda Ancha puede ser entendida como una conexión a Internet en forma permanente, permitiendo al usuario estar siempre "en línea", a velocidades que le permite obtener y proporcionar información multimedia interactivamente y acceder a diversas aplicaciones y servicios.

En el Perú no se ha adoptado expresamente una definición de Banda Ancha; sin embargo, para fines estadísticos, se han venido considerado como accesos de Banda Ancha, aquellas conexiones cuyas velocidades de transmisión de datos son superiores a las que alcanzan las comunicaciones vía dial-up, tanto de forma alámbrica como inalámbrica.

Puesto que las tecnologías de Banda Ancha cambian continuamente, su definición va evolucionando a la par. Hoy en día el término Banda Ancha normalmente describe a las conexiones Internet recientes que funcionan entre 5 y 2 000 veces más rápido que las anteriores tecnologías de marcación por Internet. Sin embargo, el término Banda Ancha no se refiere a una velocidad determinada ni a un servicio específico. El concepto de banda Ancha combina la capacidad de conexión (anchura de banda) y la velocidad. (Diagnóstico sobre el desarrollo de banda ancha en el Perú, julio 2010, MTC)

2.2.6. Redes de comunicaciones de banda ancha

La estructura actual de las redes de telecomunicaciones de Banda Ancha para el acceso a Internet, está conformada en términos generales por los elementos que se observan en el siguiente diagrama (Gráfico N° 5).

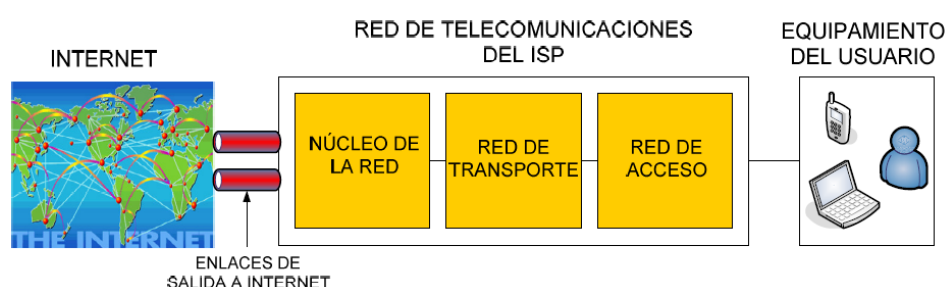


Figura 2.10. Redes de comunicaciones de banda ancha

Fuente: Elaboración DGRAIC – MTC

2.3. Glosario de términos básicos

FTTH: Fiber to the Home.

FTTC: Fiber to the Curb.

FTTB: Fiber to the Building.

FTTN: Fiber to the Node

RDNFO: Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica

INEI: Instituto Nacional de Estadística e Informática.

MTC: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

GPON: Gigabit-capable Passive Optical Network.

ITU-T: Unión Internacional de Telecomunicaciones.

OLT: Optical Line Termination.

ONU: Optical Network User.

ONT: Optical Network Termination.

OSIPTEL: Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones.

xDSL: Línea de abonado digital “x”.

RDSI: Red digital de servicios integrados.

CTO: Caja terminal óptica.

2.4. Marco referencial

En la presente tesis se tomará en cuenta el siguiente marco legal:

- Texto Único Ordenado de la Ley de Telecomunicaciones. Aprobado mediante Decreto Supremo N° 013-93-TCC.
- Texto Único Ordenado del Reglamento General de la Ley de Telecomunicaciones. Decreto Supremo N° 020-2007-MTC.
- Ley número 29904, ley de promoción de la banda ancha y construcción de la red dorsal nacional de fibra óptica.
- Resolución N° 010-2015-CD-OSIPTEL.
- Norma G.984.1 – ITU-T, Características Generales (GPON – Gigabit capable passive optical networks)
- Norma G.983.1 – UIT-T, Sistemas de acceso óptico de banda ancha basados en redes ópticas pasivas.

2.5. HIPÓTESIS

2.5.1. Hipótesis General.

Es posible el diseño de una red FTTH en el condominio Galilea.

2.5.2. Hipótesis Específicas.

- Es posible realizar un cálculo de la demanda potencial en los servicios de datos de banda ancha, ya sea en datos, voz y video, en el condominio de Galilea.
- Es posible diseñar la red de telecomunicaciones FTTH que cubra todos los hogares del condominio, como también despliegues para futuros usuarios.
- Es posible realizar el cálculo de pérdidas ópticas en la red, así como los anchos de banda por cada interfaz PON.

III. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Enfoque y diseño

- Enfoque Cuantitativo no experimental y Cualitativo de estudios de casos.

3.2. Sujetos de la investigación

- Universo: Condominio Galilea, Distrito de Castilla, Piura - Perú.
- Población: Zonas residenciales o condominio.

3.3. Métodos y procedimientos

Los pasos que se siguieron en el desarrollo de la investigación, en cumplimiento de los objetivos específicos fueron los siguientes:

- Recolección de información de penetración de las redes de fibra óptica, tanto del MTC como del OSIPTEL, INEI
- Recolección de información de la demanda potencial de banda ancha en el condominio de Galilea.
- Recolección de información de los proyectos de Fibra Óptica realizados por el FITEI.
- Identificar la demanda potencial que podría ser atendida por la red FTTH de fibra óptica en el condominio de Galilea.
- Calcular una demanda para atender servicios de emergencia, como el acceso a datos, voz y video.
- En base a los cálculos procedentes, se procederá a diseñar la red de telecomunicaciones FTTH en el condominio de Galilea.

3.4. Técnicas e Instrumentos

- Técnicas de muestreo: Simple. Se seleccionará el total de hogares, quienes todos son de mayor interés de acuerdo con los Objetivos del Proyecto.

- Técnicas de recolección de datos: De gabinete. Todo el estudio se realizará en gabinete usando la información proporcionada por Instituciones Públicas.
- Instrumentos de recolección de datos: Revisión de información estadística de portales gubernamentales: INEI, MINEDU, MTC, OSIPTEL, INEI, entre otros.
- De análisis: Análisis estadístico y geográfico con Excel, Google Earth, Software GIS, AutoCAD.
- Confiabilidad y validez de los instrumentos: La información es proporcionada por entes gubernamentales. Dicha información es confiable y válida, y por tanto no se requiere validación de algún especialista externo.

3.5. Aspectos éticos

Para el desarrollo de la Tesis se siguieron los principios éticos de acuerdo con el marco legal vigente de la Universidad Nacional de Piura y los entes administrativos nacionales correspondientes.

IV. Resultados y discusiones

4.1. Generalidades de la red

En este capítulo analizaremos todos los criterios para el diseño de la red FTTH en el condominio Galilea, ubicado en el distrito de Castilla. Para esto se tuvo que realizar un cálculo o estudio de la demanda potencial en los servicios de datos de banda ancha, ya sea en datos, voz y video, en el condominio de Galilea, luego se procedió a diseñar la red de telecomunicaciones FTTH que cubra todos los hogares del condominio, como también despliegues para futuros usuarios y por último realizar el cálculo de pérdidas ópticas en la red, así como los anchos de banda por cada interfaz PON.

4.2. Demanda potencial para la red FTTH en el condominio Galilea

El condominio Galilea del distrito de Castilla, está formado por casas pilotos, cuyos habitantes requieren de gran demanda potencial para el servicio triple play en los hogares. La red estará desplegada en su primera etapa para un 80% de hogares para dicho condominio, se elige esta cantidad debido a que se estima que el 80% puede solventar el costo del servicio. El diseño de la red FTTH, es empleado según la cantidad de hogares estudiados. Para el diseño de una red FTTH se utiliza una topología tipo anillo.

El diseño de la red FTTH cubre el despliegue desde el nodo principal ubicado en una cámara subterránea al costado del PARQUE Nro. 04, en la calle Nro. 03, luego se hace el mapeo de la red por todas las etapas del condominio, se considera un mapeo ordenado y una distribución eficaz.

EL diseño de la red FTTH cuenta con un solo nodo principal, el cual permite la distribución en un total de 24 etapas.

4.2.1. Zona de despliegue de la red

La zona de despliegue de la red FTTH se realizó en el condominio Galilea, ubicado a la salida del distrito de Castilla, provincia de Piura. El condominio Galilea está limitado por:

- Por el norte: Fundo Monte Verde
- Por el sur: Terreno despoblado y Aqualandia
- Por el este: Av. Progreso
- Por el Oeste: Terreno despoblado

En la figura N° 4.1, se observa las zonas de despliegue de la red FTTH, es una visión general de la zona, el diseño de la red FTTH ha sido distribuida en toda la zona de color rojo, según como se muestra en la imagen.



Figura 4.1. Zonas de despliegue de la red FTTH-vista 01
Fuente: Elaboración propia con Google Earth

Para realizar los despliegues de la red FTTH, se trabajó con un plano de Castilla obtenido de Bibliocad, así mismo se ha dividido en tres partes denominadas zonas de despliegue, tal como se muestra en la siguiente figura:



Figura 4.2. Zonas de despliegue de la red FTTH-vista 02
Fuente: Edinson Aguirre – Bibliocad

4.2.1.1. Despliegue en el condominio Galilea – ZONA 1

El despliegue de la red FTTH en el condominio Galilea se ha dividido en tres zonas, la zona 1 que está limitado por Av. Monte Verde o avenida Nro. 2, la calle Nro. 9, Av. Progreso y la zona despoblada al margen sur. Está conformada por las siguientes etapas: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10. Desplegando la red a un 80 % se estima un total de abonados distribuidos de la siguiente manera:

La etapa 1; está ubicado a la entrada del condominio limitada por la av. Monte Verde, y la calle 11; está compuesta por 10 abonados. La etapa 2; está limitada por la avenida Monte Verde y las calles: 3, 10 y 11; está compuesta por 20 abonados. La etapa 3; está limitada por la avenida Monte Verde, las calles: 3, 9 y 10; está compuesta por 20 abonados. La etapa 4; está limitada por las calles: 3, 4, 10 y 11; está compuesta por 15 abonados. La etapa 5; está limitada por las calles: 3, 4, 9 y 10; está compuesta por 21 abonados. La etapa 6; está limitada por las calles 4, 5, 10 y 11; está compuesta por 20 abonados. La etapa 7; está limitada por las calles: 4, 5, 9 y 10; está compuesta por 21 abonados. La etapa 8; está limitada las calles:

5, 6, 10 y 11; está compuesta por 12 abonados. La etapa 9; está limitada por un canal de regadillo y las calles: 7, 11; está compuesta por 26 abonados. La etapa 10; está limitada por las calles: 5, 6, 9 y 10; está compuesta por 21 abonados.

En la figura N° 4.3, todas las zonas encerradas con azul son viviendas donde se desplegó la red.

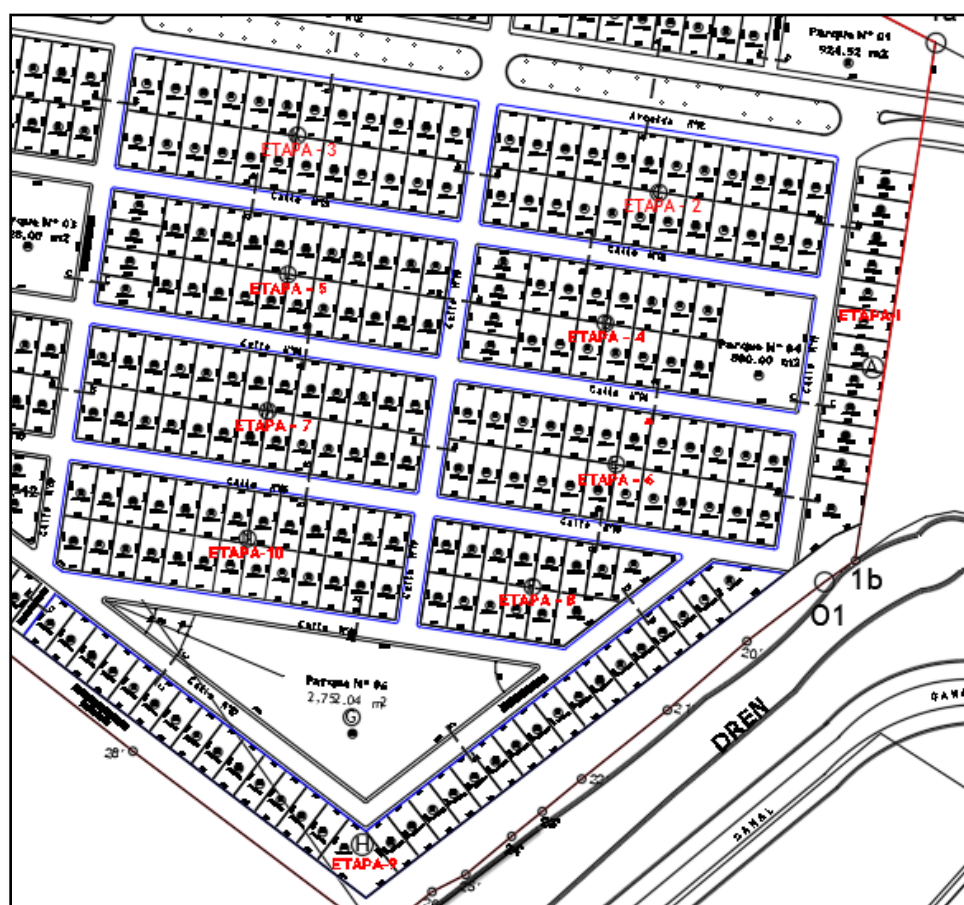


Figura 4.3. Despliegue en la zona N° 01 – Condominio Galilea
Fuente: Edinson Aguirre - Bibliocad

En la tabla N° 4.1, se presenta la cantidad de viviendas (abonados) por manzana.

Etapas	N° de casas
1	10
2	20
3	20
4	15
5	21
6	20
7	21

8	12
9	26
10	21
Total	186

Tabla 4.1. Número de viviendas en Galilea – Zona 1
Fuente: Elaboración propia

4.2.1.2. Despliegue en el condominio Galilea – ZONA 2

El despliegue de la red FTTH en el condominio Galilea se ha dividido en tres zonas, la zona 2 que está limitado por Av. Monte Verde o avenida Nro. 2 y la Av. Fundo Monteverde. Está conformada por las siguientes etapas: 11, 12, 13, 14, 15, 16 y 17. Desplegando la red a un 80 % se estima un total de abonados distribuidos de la siguiente manera:

La etapa 11; está limitada por la calle 7 y el pasaje Nro. 4; está compuesta por 13 abonados. La etapa 12; está limitada por las calles: 5, 7 y 9; está compuesta por 3 abonados. La etapa 13; está limitada por las calles: 4, 5, 7, 8 y 9; está compuesta por 16 abonados. La etapa 14; está limitada por las calles: 3, 4, 8 y 9; está compuesta por 15 abonados. La etapa 15; está limitada por las calles: 2, 3, 8 y 9; está compuesta por 20 abonados. La etapa 16; está limitada por las calles 3, 4 y 8; está compuesta por 16 abonados. La etapa 17; está limitada por la avenida Monte Verde y por las calles: 3 y 8; está compuesta por 12 abonados. En la figura N° 4.4, todas las zonas encerradas con azul son viviendas donde se desplegó la red.

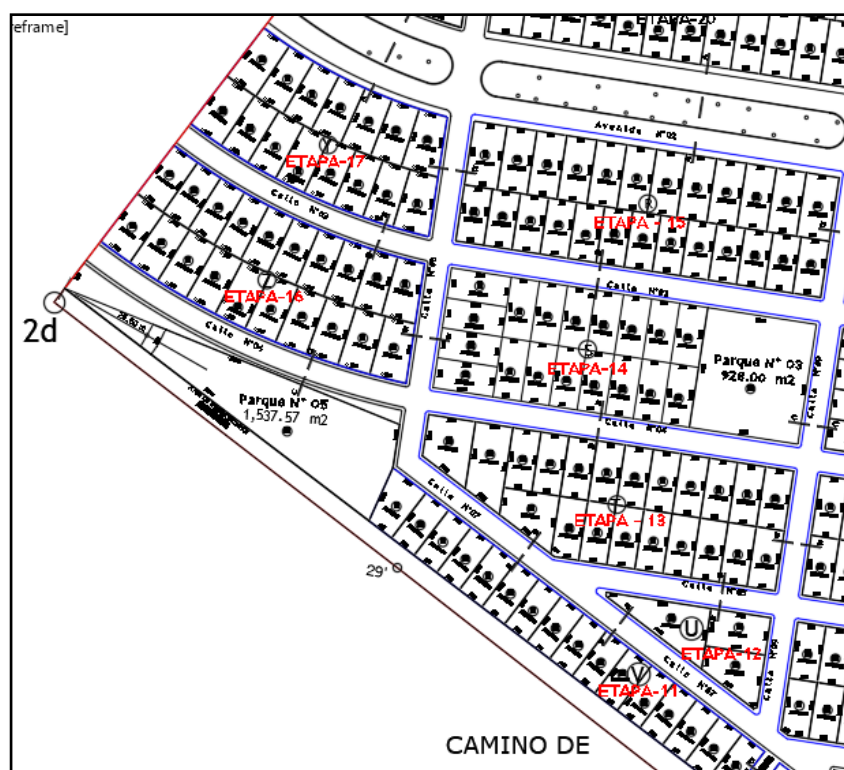


Figura 4.4. Despliegue en la zona N° 02 – Condominio Galilea
Fuente: Edinson Aguirre - Bibliocad

En la tabla N° 4.2, se presenta la cantidad de viviendas (abonados) por manzana.

Etapas	N° de casas
11	13
12	3
13	16
14	15
15	20
16	16
17	12
Total	95

Tabla 4.2. Número de viviendas por manzana – Zona 2
FUENTE: Elaboración propia

4.2.1.3. Despliegue en el condominio Galilea – ZONA 3

El despliegue de la red FTTH en el condominio Galilea se ha dividido en tres zonas, la zona 3 que está limitado por Av. Monte Verde o avenida Nro.

2, el fundo Monte Verde y la zona despoblada al margen oeste. Está conformada por las siguientes etapas: 18, 19, 20, 21, 23, 24 y 25; la etapa 22 esta despoblada. Desplegando la red a un 80 % se estima un total de abonados distribuidos de la siguiente manera:

La etapa 18; está limitada por la av. Monte Verde, y las calles 2 y 8; está compuesta por 7 abonados. La etapa 19; está limitada por las calles: 1, 2 y 8; está compuesta por 3 abonados. La etapa 20; está limitada por la avenida Monte Verde, las calles: 2, 8 y 9; está compuesta por 20 abonados. La etapa 21; está limitada por las calles: 1, 2, 8 y 9; está compuesta por 21 abonados. La etapa 23; está limitada por la avenida Monte Verde, por las calles: 2, 9 y 10; está compuesta por 20 abonados. La etapa 24; está limitada por las calles 2, 9 y el pasaje Nro. 02; está compuesta por 12 abonados. La etapa 25; está limitada por la avenida Monte Verde, por las calles 10 y el pasaje Nro. 01; está compuesta por 15 abonados.

En la figura N° 4.5, todas las zonas encerradas con azul son viviendas donde se desplegó la red.

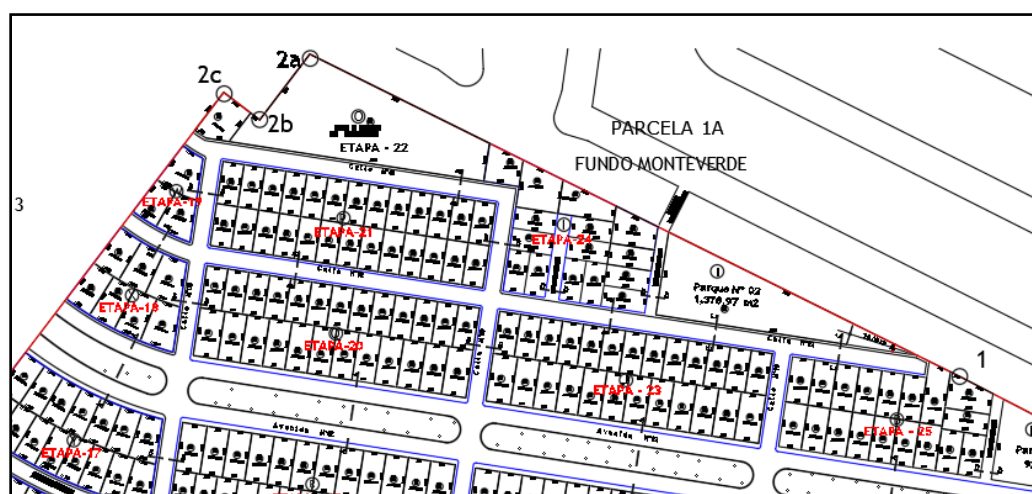


Figura 4.5. Despliegue en la zona N° 03 – Condominio Galilea
Fuente: Edinson Aguirre - Bibliocad

En la tabla N° 4.3, se presenta la cantidad de viviendas (abonados) por manzana.

Etapas	Nº de casas
18	7
19	3
20	20
21	21
23	20
24	12
25	15
Total	98

Tabla 4.3. Número de viviendas por manzana – Zona 03
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con las tablas anteriores, sumadas se tiene un total de 379 usuarios o abonados. La red FTTH se despliega en tres zonas del condominio Galilea. Para este diseño se utilizó dos OLTs, se forma un anillo con los splitters primarios y de los splitters primarios a los splitters secundarios se emplea una arquitectura tipo estrella. Por lo que para el diseño de la red FTTH se utilizó los siguientes divisores ópticos (splitter):

- Red de alimentación: Splitter 2x4, dos entradas una principal y la otra de respaldo, y cuatro salidas que se colocó en los splitter de distribución o también llamados splitter secundarios.
- Red de distribución: Splitter 1x16, posee 16 salidas que se despliegan directamente al ONT ubicado en el hogar de los abonados.

En la tabla N° 4.4, se detallan la cantidad de splitter 1x16 que se van a utilizar en la red de distribución, según las zonas y etapas. Se toma como referencia la tesis de (Dennis Ancajima, 2018).

CONDOMINIO	ETAPAS	SPLITTER	CANTIDAD	NOMENCLATURA
GALILEA Zona 1	1	1x16	1	SP_G1_1
	2	1x16	2	SP_G1_2, 3
	3	1x16	2	SP_G1_4, 5
	4	1x16	1	SP_G1_6

	5	1x16	2	SP_G1_7, 8
	6	1x16	2	SP_G1_9, 10
	7	1x16	2	SP_G1_11, 12
	8	1x16	1	SP_G1_13
	9	1x16	2	SP_G1_14, 15
	10	1x16	2	SP_G1_16, 17
GALILEA Zona 2	11	1x16	1	SP_G2_1
	12	1x16	1	SP_G2_2
	13	1x16	1	SP_G2_3
	14	1x16	1	SP_G2_4
	15	1x16	2	SP_G2_5, 6
	16	1x16	1	SP_G2_7
	17	1x16	1	SP_G2_8
GALILEA Zona 3	18, 19	1x16	1	SP_G3_1
	20	1x16	2	SP_G3_2, 3
	21	1x16	2	SP_G3_4, 5
	23	1x16	2	SP_G3_6, 7
	24	1x16	1	SP_G3_8
	25	1x16	1	SP_G3_9
TOTAL			34	

Tabla 4.4. Total del número de splitters de la red de distribución.

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la información obtenida de la tabla N° 4.4, se van a emplear un total de 34 divisores ópticos de 1x16 en la red de distribución.

Si los splitter de 2x4 tienen 4 salidas, en la zona 1 se implementan 17 splitters 1x16, por lo que se van a necesitar 5 splitters 2x4, en la zona 2 se implementan 8 splitters 1x16, por lo que se van a necesitar 2 splitters 2x4 y en la zona 3 se implementan 9 splitters 1x16, por lo que se necesitan 3 splitters 2x4. En total se colocaron un total de 10 splitters de 2x4 en la red de alimentación, cada salida está conectado a un splitter de 1x16; es decir por cada splitter de la red de alimentación se deben de conectar 64 abonados.

Como se indica al inicio del diseño, se va a implementar un solo nodo principal FTTH, este nodo está constituido por los únicos 10 splitters primarios, distribuidos a 34 splitters secundarios.

Para la elección del número de fibras, numero de splitter primarios y secundarios, se deben considerar las siguientes características de diseño:

- Cantidad de abonados por etapas
- Posibilidad de nuevos abonados a incorporarse a la red
- Problemas en los hilos de fibra óptica en un futuro
- Posibilidad de nuevas viviendas las zonas
- Tener una línea de respaldo frente a problemas de fibras de la red de alimentación. (Dennis Ancajima, 2018)

Para este proyecto se requiere de 10 fibras desde el OLT, para este diseño se utiliza una única fibra de tipo monomodo de 48 hilos, que une los 10 splitters primarios en una arquitectura anillo, el mismo diseño se emplea para la red backup, pero su despliegue comienza por el lado izquierdo del nodo. Esta arquitectura anillo permite la implementación de la red de redundancia o red backup. Esta fibra parte del nodo principal FTTH desplegándose por el lado derecho, es decir siguiendo el siguiente recorrido: La zona 1, la zona 2 y la zona 3, respectivamente.

Del cable de 48 fibras, se van a utilizar 10 fibras y el resto queda para futuras implementaciones, posibles daños de algunos hilos o ampliación de la red.

4.2.2. Diseño de la red de planta externa de la red FTTH

El diseño de la red FTTH, está formada por 3 zonas que conforman el condominio de Galilea estudiados en el apartado anterior, el despliegue de la red FTTH está compuesta por un nodo FTTH, el nodo tiene la siguiente ubicación:

- Nodo1 FTTH: Calle Nro. 03, entre la casa N° 09 de la etapa 04 y el parque N° 04. El nodo se ubica en una cámara subterránea.

Por cada splitter primario se va a emplear una caja de empalme, y además de otras cajas de empalmes dependiendo de los splitter que comparten la misma ruta, se utiliza una bandeja óptica u ODF de 24 puertos, en el nodo FTTH.

Para el diseño de la planta externa de la red FTTH, se ha considerado para tener en cuenta los siguientes puntos.

- Ubicación de los equipos de agregación
- Ubicación de los OLTs
- Ubicación de los ODF
- Red de alimentación: Se considera la primera fase de división óptica, es decir la ubicación de los divisores ópticos primarios de 2x4.
- Red de distribución: Se considera la segunda fase de división óptica, es decir la ubicación de los divisores ópticos secundarios de 1x16.
- Despliegue de la fibra óptica, tanto en la red de alimentación, red de distribución y la red de dispersión. (Dennis Ancajima, 2018)

Como se indicó anteriormente en la red de alimentación se utilizó una arquitectura en anillo, cuyo propósito es tener una red backup para evitar la caída de los enlaces. De la cabecera salen dos cables de 48 fibras, de los cuales un cable de fibra por el lado derecho, 10 hilos de fibra son utilizados; y un cable por el lado izquierdo, por lo que 10 son utilizados, estos últimos 10 forman la red backup; las 38 fibras sobrantes por cada cable quedan como reserva ante cortes o atenuaciones. Los splitters 2x4 tienen dos entradas, una es la conexión principal desde el OLT por el despliegue derecho y la otra entrada es la conexión backup desde el OLT por el despliegue izquierdo. Todas las conexiones por el lado izquierdo se encuentran de modo pasivo, de forma que si se cae la conexión principal que está activa, inmediatamente se activara el puerto pasivo y así evitar la pérdida de conexión en el enlace. En la figura N° 4.6 se muestra la topología de la red FTTH.

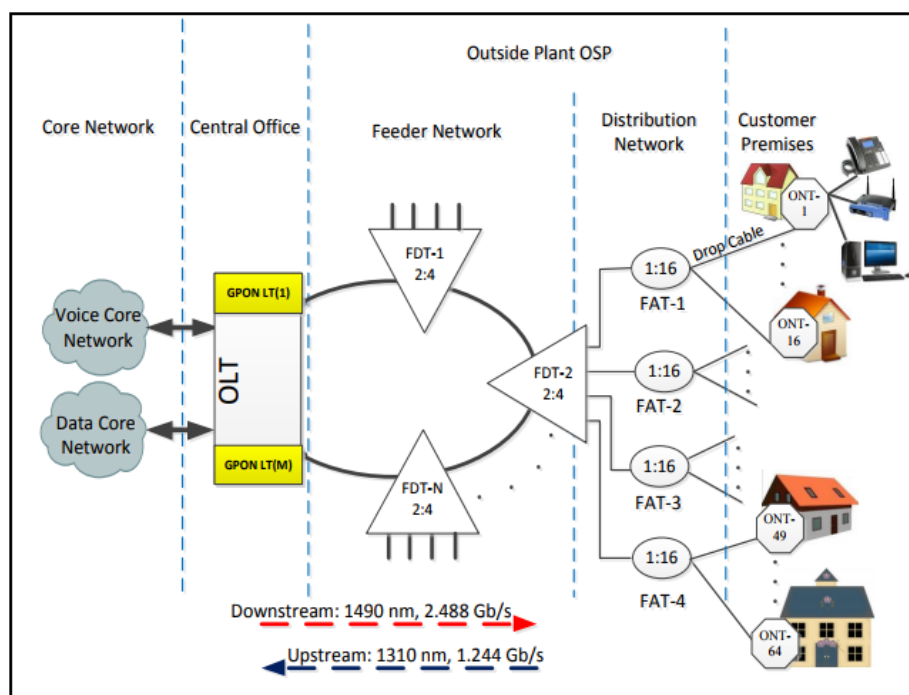


Figura 4.6. Red de acceso FTTH, utilizando el estándar GPON
Fuente: (Al-Quzwini, 2014)

4.2.2.1. Ubicación de los equipos de Agregación

El diseño de la red FTTH, ha sido elaborado, para ser considerado por la empresa de Telecomunicaciones “Bitel Perú”, esta empresa tiene un site de transmisión en la parte de atrás del parque recreativo Atlantis Club. En este site, se ubican los equipos core de Bitel, de su SW core sale una fibra directamente a un SW Extreme que se ubica en el nodo FTTH, a este SW Extreme están conectados los dos OLTs, los OLT Huawei son únicamente utilizado para el despliegue de la red FTTH.

4.2.2.2. Ubicación del nodo de la red FTTH

El nodo va a estar ubicado en una cámara subterránea, que se ubica entre el parque N° 04 y la casa 09 de la etapa 04. En este nodo se ubica el SW Extreme, dos OLTs, y el ODF principal para el despliegue de la red. En el punto de la figura N° 4.7 se ubica el nodo de la red FTTH.

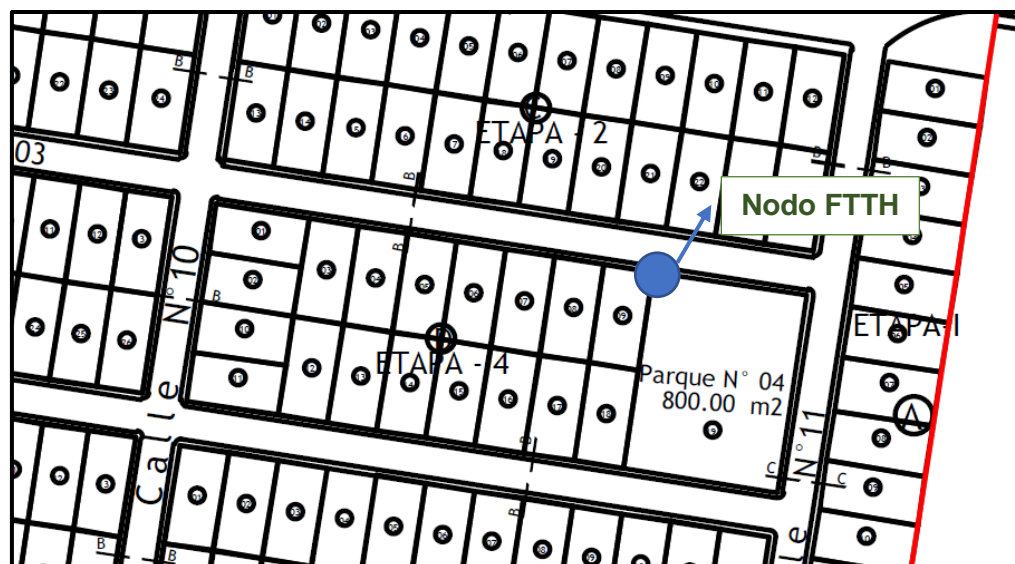


Figura 4.7. Ubicación de la cabecera de la red FTTH
Fuente: Elaboración propia en plano de catastro

4.2.2.3. Ubicación de los ODF (Distribuidores de Fibra Óptica)

Se colocó un ODF (Distribuidor de Fibra Óptica) de 24 puertos en el nodo, se utilizan 10 puertos del ODF del nodo para los splitter primario principales y 10 puertos para las entradas backup de los splitter primarios, además se va a utilizar un puerto más del ODF para la línea de agregación que viene del site de Bitel. Principalmente el ODF sirve como bandeja para realizar los sangrado, fusión y empalme de fibra para las 21 fibras ópticas que se van a utilizar.

4.2.2.4. Red de Alimentación: Ubicación de los splitters 2x4

La Red de Alimentación, inicia desde el OLT hasta los splitter primarios. En este proyecto a la red de Alimentación, hay que considerar dos puntos muy importantes, la ubicación de los splitters 2x4 y el despliegue de la fibra de 48 hilos. Además de la ubicación de las cajas de empalme en ruta que se explican posteriormente. Se ha considerado el despliegue de los splitter 2x4 de acuerdo con la zona donde se ubican los splitters secundarios, cada splitter primario se conecta a una interfaz PON del OLT, en cada splitter primario se conectan como máximo 4 splitters secundarios. En la siguiente tabla N° 4.5, se muestra los splitters 2x4 ubicados en cada

zona. En el anexo 01, se muestra la ubicación de los splitters primarios 2x4.

NODOS	URBANICACION	SPLITTERS
FTTH	Galilea (ZONA 1)	SP-ALI-1, SP-ALI-2, SP-ALI-3, SP-ALI-4 y SP-ALI-5
	Galilea (ZONA 2)	SP-ALI-6 y SP-ALI-7
	Galilea (ZONA 2)	SP-ALI-8, SP-ALI-9 y SP-ALI-10

Tabla 4.5. Splitters en la red de Alimentación.
Fuente: Elaboración propia

4.2.2.5. Red de Distribución: Ubicación de los splitters 1x16

La red de Distribución abarca desde los splitter primarios hasta los splitters secundarios. Consideramos los siguientes puntos importantes de diseño, la ubicación de los splitters secundarios 1x16 y el despliegue de la fibra óptica. Los splitters secundarios están ubicados en las etapas de cada zona, cada splitter secundario cubre una determinada cantidad de abonados según las tablas del apartado 4.2.1.

En la tabla N° 4.4, se detalla las cantidades y denominaciones de los splitters secundarios desplegados por manzana. En el anexo 2, se muestra la ubicación de los splitters secundarios 1x16.

4.2.2.6. Despliegue de la fibra óptica

Otro de los puntos más importantes para el diseño de la red FTTH en planta externa es el tendido de fibra óptica en la Red Primaria, Red Secundaria y la Red de Dispersión o Acometida.

a) Despliegue de la fibra de Alimentación

Se despliega cable de 48 fibras ópticas en la red de alimentación. Se ha clasificado por tramos, los tramos son desplegados desde el nodo

FTTH hacia mufas de alimentación (en cada mufa de alimentación hay un splitter primario), estas tienen la siguiente nomenclatura: CEO-X, donde CEO son las iniciales de caja de empalme óptico y X es el número de acuerdo con la ubicación en la zona, del nodo se ejecutó el despliegue por la parte derecha y cerrando el anillo por la parte izquierda, a continuación, se detalla los tramos:

Tramo 1 (F-PRI-T1): Parte del nodo FTTH, sigue su ruta por la calle 03, en el cruce con la calle 11 se ubica el splitter de alimentación SP-ALI-02, cubierto por una mufa CEO-2 de alimentación, en este tramo se estima un total de 31.7 m de fibra.

Tramo 2 (F-PRI-T2): Parte del splitter SP-ALI-02, sigue su ruta por la calle 11, hasta llegar al splitter de alimentación SP-ALI-03, cubierto por una mufa CEO-3 de alimentación, en este tramo se estima un total de 49.3 m de fibra.

Tramo 3 (F-PRI-T3): Parte del splitter SP-ALI-03, sigue su ruta por la calle 11, hasta llegar al splitter de alimentación SP-ALI-04, cubierto por una mufa CEO-4 de alimentación, en este tramo se estima un total de 109 m de fibra.

Tramo 4 (F-PRI-T4): Parte del splitter SP-ALI-04, sigue su ruta por la calle 06, ingresa por la calle 10, hasta llegar al splitter de alimentación SP-ALI-05, cubierto por una mufa CEO-5 de alimentación, en este tramo se estima un total de 85.6 m de fibra.

Tramo 5 (F-PRI-T5): Parte del splitter SP-ALI-05, sigue su ruta por la calle 05, ingresa por la calle 09, hasta llegar al splitter de alimentación SP-ALI-06, cubierto por una mufa CEO-6 de alimentación, en este tramo se estima un total de 138 m de fibra.

Tramo 6 (F-PRI-T6): Parte del splitter SP-ALI-06, sigue su ruta por la calle 09, ingresa por la calle 03, hasta llegar al splitter de

alimentación SP-ALI-07, cubierto por una mufa CEO-7 de alimentación, en este tramo se estima un total de 147 m de fibra.

Tramo 7 (F-PRI-T7): Parte del splitter SP-ALI-07, sigue su ruta por la calle 08, hasta llegar al splitter de alimentación SP-ALI-08, cubierto por una mufa CEO-8 de alimentación, en este tramo se estima un total de 55.79 m de fibra.

Tramo 8 (F-PRI-T8): Parte del splitter SP-ALI-08, sigue su ruta por la calle 08, ingresa por la calle 03, hasta llegar al splitter de alimentación SP-ALI-09, cubierto por una mufa CEO-9 de alimentación, en este tramo se estima un total de 137 m de fibra.

Tramo 9 (F-PRI-T9): Parte del splitter SP-ALI-09, sigue su ruta por la calle 02, ingresa por la calle 10, hasta llegar al splitter de alimentación SP-ALI-10, cubierto por una mufa CEO-10 de alimentación, en este tramo se estima un total de 145 m de fibra.

Tramo 10 (F-PRI-T10): Parte del splitter SP-ALI-10, sigue su ruta por la calle 10, hasta llegar al splitter SP-ALI-01, en este tramo se estima un total de 63m de fibra, luego continua por la calle 03 hasta llegar al nodo FTTH y cierra el anillo entre los splitters primarios, en este pequeño tramo se estima un total de 146m de fibra.

En la siguiente tabla N° 4.6 se muestra el total de fibra óptica de 48 hilos para los 10 tramos de la red de alimentación. Y en el anexo 1 se muestra el despliegue de la red de Alimentación.

TRAMO	DISTANCIA (m)
F-PRI-T1	31.7
F-PRI-T2	49.3
F-PRI-T3	109
F-PRI-T4	85.6
F-PRI-T5	138
F-PRI-T6	147

F-PRI-T7	55.79
F-PRI-T8	137
F-PRI-T9	145
F-PRI-T10	146
TOTAL	1044.39

Tabla 4.6 Total de fibra en la red de alimentación.

Fuente: Elaboración propia

b) Despliegue de la fibra de Distribución

El tendido de fibra óptica de Distribución abarca desde los splitters primarios hacia los splitters secundarios, para estos tramos de fibra se consideró fibra óptica monomodo de 12 hilos, teniendo en cuenta que son 34 splitters secundarios, por lo que se estima un total de 34 tramos de fibra óptica de distribución, estos son tramos cortos.

En el anexo 2, se muestra la distribución de la fibra óptica en la red de distribución.

c) Despliegue de la fibra de Acometida

La red de dispersión abarca desde la salida del splitter secundario 1x16 hasta las rosetas ópticas, las rosetas ópticas están en la vivienda de los abonados, se utiliza fibra óptica monomodo de cuatro hilos. El despliegue de la red de Dispersión depende de la cercanía de la vivienda hacia el splitter ubicados por etapas.

Las tablas 4.4 y 4.5, muestran un resumen de los splitters primarios y secundarios, la cantidad de splitters se ha calculado dependiendo del total de usuarios obtenidos por cada etapa, en algunos casos se han considerado que hay splitters secundarios que reparten a varias etapas, además, hay splitters que no cubren las 16 conexiones, por lo que queda disponible para el 20% de abonados restantes.

4.2.2.7. Despliegue de la fibra entre el Site de Bitel y el nodo FTTH.

Otro de los puntos más importantes para el diseño de la red FTTH en planta externa es el tendido de fibra óptica entre el site de Bitel y el nodo FTTH. A continuación, se describe el tramo de fibra; el despliegue de la fibra óptica desde el site de Bitel hasta el nodo FTTH, según la figura N° 4.8, se utiliza una fibra especial monomodo para unir el site y el nodo, debido a que entre estos tramos de fibra se circulan grandes capacidades de ancho de banda. Empleamos un despliegue aéreo, de igual manera que la red FTTH, como soporte se usan los postes de media tensión.

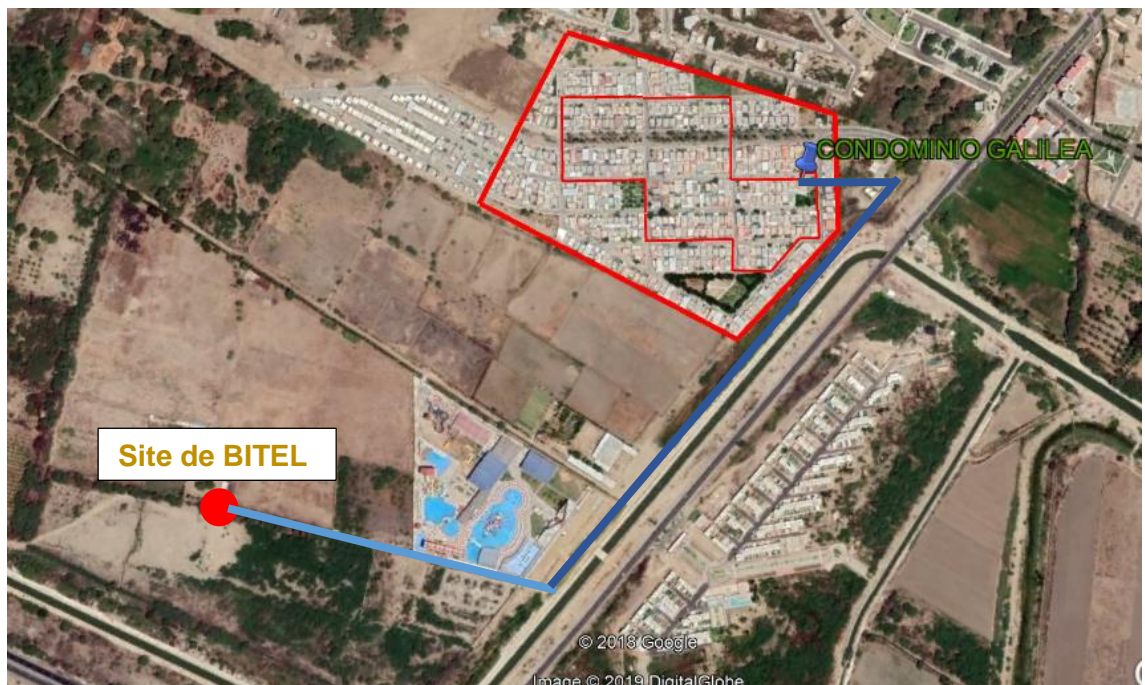


Figura 4.8. Despliegue de la fibra entre el site de Bitel y el nodo FTTH
Fuente: Elaboración propia en Google Earth

El despliegue de la fibra óptica está separada por:

- El site de Bitel y el nodo FTTH

Se utilizó un cable de 12 hilos de fibra óptica, se describen los tramos de la siguiente manera:

Tramo 1 (AG-T1): Parte del site de Bitel, sigue su ruta por un borde al costado del Club Atlantis, hasta salir a la Av. Progreso, luego por la av.

Monteverde hasta llegar al nodo FTTH que está ubicado entre el parque 04 y la etapa 04. Se estima un total de 1.217 km de fibra. Línea azul de la figura 4.8.

TRAMO	DISTANCIA (KM)
AG-T1	1.217
TOTAL	1.217

Tabla 4.7. Total de fibra entre nodos.

Fuente: Elaboración propia

4.2.3. Resumen del diseño de la red PON

Como resumen del diseño de la red FTTH, se realizó la descripción de la red FTTH, tramo por tramo, partiendo desde los nodos, luego hacia las mufas de alimentación, splitters primarios y hasta llegar a los splitters secundarios.

4.2.3.1. Descripción del nodo1 FTTH

En el nodo, se coloca dos OLT Huawei MA5608T de 16 interfaces GPON, cada interfaz cubre máximo hasta 128 abonados, pero en este diseño de acuerdo con el despliegue de la red FTTH solo se conectan como máximo 64 usuarios por PON, en todos los casos no se llega a cubrir los 64 abonados por PON, lo cual es una gran ventaja para tener mayor acceso de ancho de banda para los usuarios. De las 16 interfaces GPON se van a utilizar 10, que son para los splitters de alimentación de la red primaria. Y del otro OLT de la misma marca se van a utilizar 10 interfaces PON que van a ser para la red backup.

Como se explicó anteriormente Bitel del Perú va a ser el proveedor del servicio de datos, desde sus equipos de agregación sale un hilo de fibra directamente a un puerto 10/40Gb QSFP+ del SW Extreme que se ubica en el nodo FTTH, y los OLT MA5608T se conecta a los puertos 10/40Gb QSFP+ del Extreme. Así mismo se coloca un ODF de 24 puertos en este se va a sangrar un total de 21 hilos de fibra, estos son los siguientes:

- Un hilo troncal que llega del site de Bitel, cable de 12 hilos

- Diez hilos para los splitter de alimentación para la red primaria, un cable de 48 hilos.
- Diez hilos para los splitter de alimentación para la red backup, un cable de 48 hilos.

En la siguiente figura N° 4.9, se muestra la topología física en el nodo FTTH.

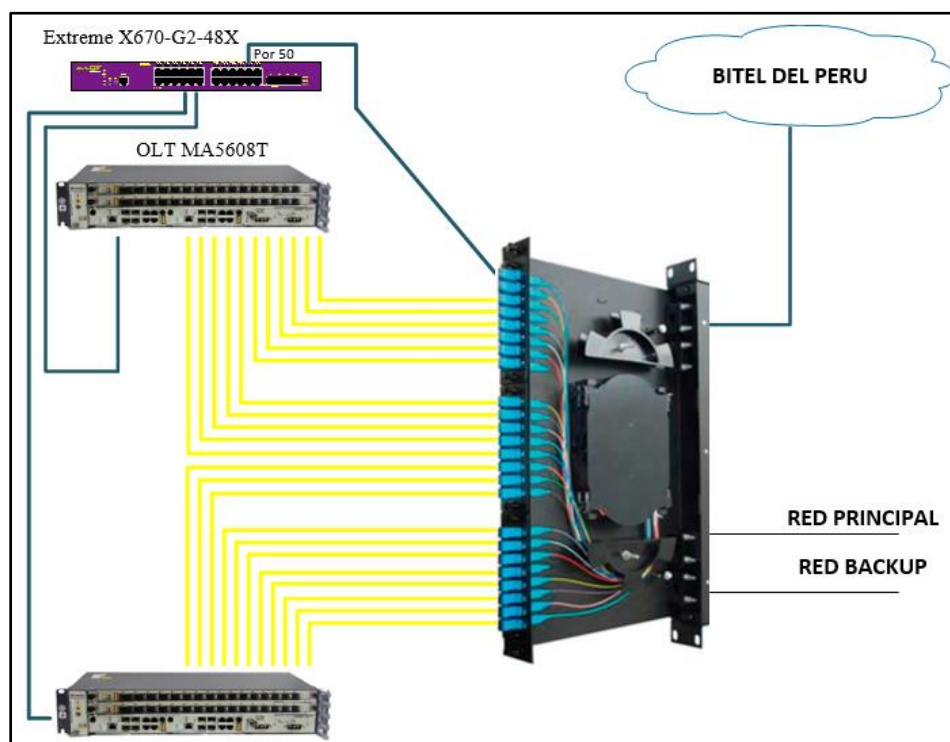


Figura 4.9. Topología del nodo FTTH
Fuente: Elaboración propia

4.2.3.2. Topología de la zona 01

Del nodo FTTH, salen los dos cables de 48 hilos con las siguientes denominaciones F-PR-D (fibra principal por el lado derecho) y F-BK-I (fibra backup por el lado izquierdo). A la caja de empalme CEO-01, llega el cable de fibra principal por la calle 3 y el cable de fibra backup por la calle 10, en esta caja se realiza la fusión y empalme de las fibras 1 de la red principal y 39 del cable de la red backup, este empalme se realiza directamente a las dos entradas del splitter SP-ALI-1. El splitter SP-ALI-1, se ubica dentro de la caja de empalme CEO-1. Posteriormente continua

así su recorrido con los fusionando y empalmando los hilos a los splitters de alimentación, estos quedan empalmado de la siguiente manera.

➤ F-PR-D (fibra principal por el lado derecho)

- ✓ El hilo 1, entrada principal al splitter SP-ALI-1
- ✓ El hilo 2, entrada principal al splitter SP-ALI-2
- ✓ El hilo 3, entrada principal al splitter SP-ALI-3
- ✓ El hilo 4, entrada principal al splitter SP-ALI-4
- ✓ El hilo 5, entrada principal al splitter SP-ALI-5

➤ F-BK-I (fibra backup por el lado izquierdo)

- ✓ El hilo 39, entrada backup al splitter SP-ALI-1
- ✓ El hilo 40, entrada backup al splitter SP-ALI-2
- ✓ El hilo 41, entrada backup al splitter SP-ALI-3
- ✓ El hilo 42, entrada backup al splitter SP-ALI-4
- ✓ El hilo 43, entrada backup al splitter SP-ALI-5

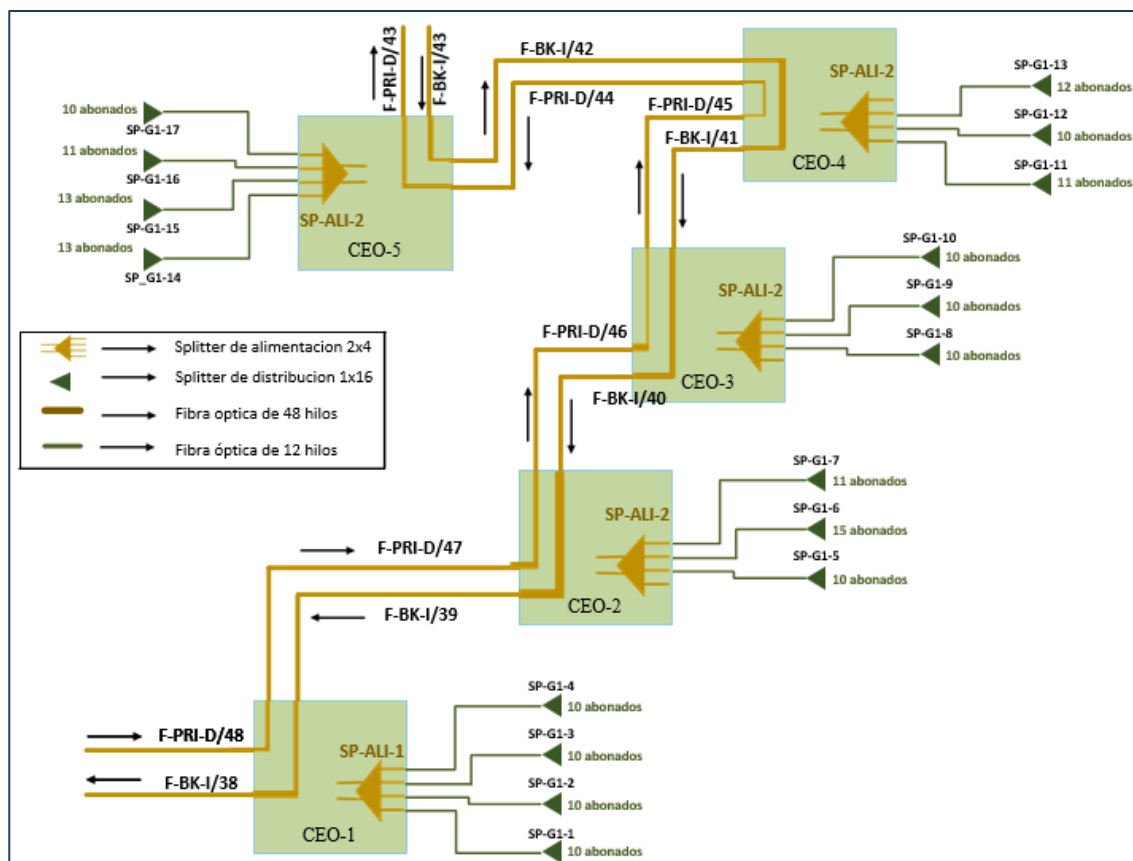


Figura 4.10. Topología de la zona 01
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la figura N° 4.10, la distribución de la red a partir de los splitters de alimentación queda de la siguiente manera:

- Del splitter primario SP-ALI-1; distribuye a los splitters secundarios SP-G1-1, SP-G1-2, SP-G1-3 y SP-G1-4; dispersando a 40 abonados en total.
- Del splitter primario SP-ALI-2; distribuye a los splitters secundarios SP-G1-5, SP-G1-6 y SP-G1-7; dispersando a 36 abonados en total.
- Del splitter primario SP-ALI-3; distribuye a los splitters secundarios SP-G1-8, SP-G1-9 y SP-G1-10; dispersando a 30 abonados en total.
- Del splitter primario SP-ALI-4; distribuye a los splitters secundarios SP-G1-11, SP-G1-12 y SP-G1-13; dispersando a 33 abonados en total.

- Del splitter primario SP-ALI-5; distribuye a los splitters secundarios SP-G1-14, SP-G1-15, SP-G1-16 y SP-G1-17; dispersando a 47 abonados en total.

4.2.3.3. Topología de la zona 02

A la zona 02, ingresa el cable de fibra principal, como ya han sido utilizados 5 hilos, quedan útiles 43 hilos de fibra, así mismo sale el cable backup con 43 hilos, ya que cinco han sido utilizados en la zona 2 y 3. A la caja de empalme CEO-06, llega el cable de fibra principal por la calle 09 y el cable de fibra backup llega por la misma calle 09, en esta caja se realiza la fusión y empalme de las fibras 6 de la red principal y 44 del cable de la red backup, este empalme se realiza directamente a las dos entradas del splitter SP-ALI-6. El splitter SP-ALI-6, se ubica dentro de la caja de empalme CEO-6. Posteriormente continua así su recorrido con los fusionando y empalmado los hilos al splitter de alimentación SP-ALI-7, estos quedan empalmado de la siguiente manera.

- F-PR-D (fibra principal por el lado derecho)
 - ✓ El hilo 6, entrada principal al splitter SP-ALI-6
 - ✓ El hilo 7, entrada principal al splitter SP-ALI-7
- F-BK-I (fibra backup por el lado izquierdo)
 - ✓ El hilo 44, entrada backup al splitter SP-ALI-6
 - ✓ El hilo 45, entrada backup al splitter SP-ALI-7

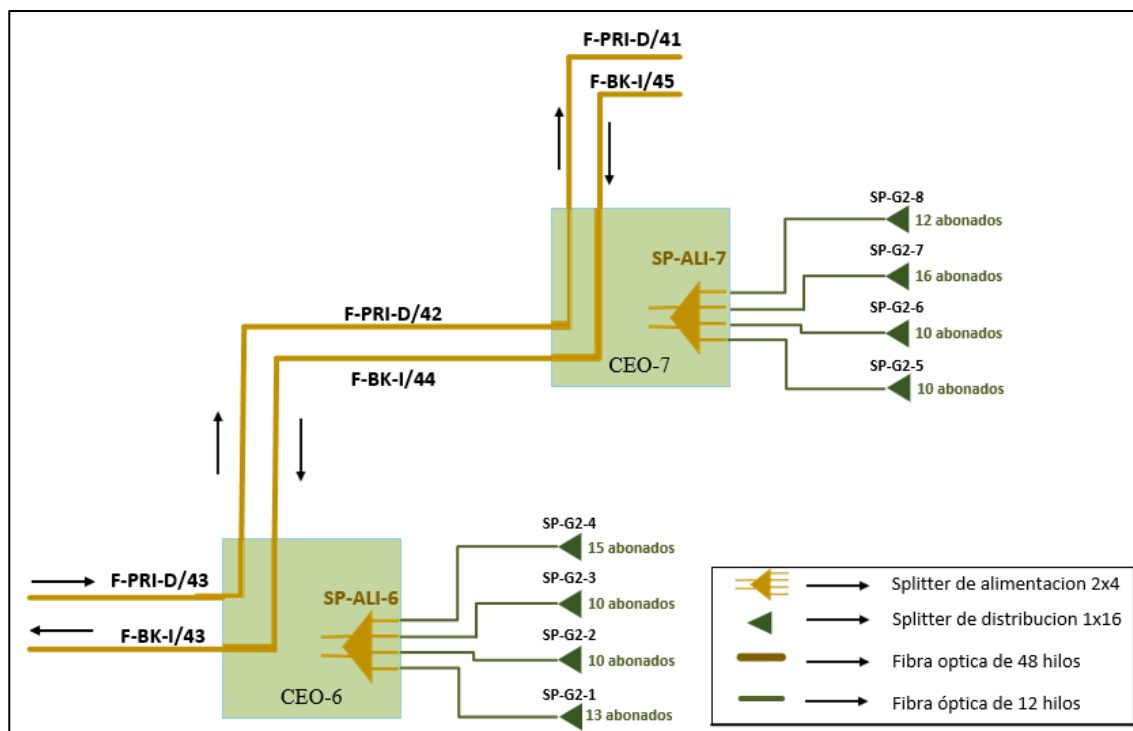


Figura 4.11. Topología de la zona 02
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la figura N° 4.11, la distribución de la red a partir de los splitters de alimentación queda de la siguiente manera:

- Del splitter primario SP-ALI-6; distribuye a los splitters secundarios SP-G2-1, SP-G2-2, SP-G2-3 y SP-G2-4; dispersando a 48 abonados en total.
- Del splitter primario SP-ALI-2; distribuye a los splitters secundarios SP-G2-5, SP-G2-6, SP-G2-7 y SP-G2-8; dispersando a 47 abonados en total.

4.2.3.4. Topología de la zona 03

A la zona 03, ingresa el cable de fibra principal, como ya han sido utilizados 7 hilos, quedan útiles 41 hilos de fibra, así mismo sale el cable backup con 45 hilos, ya que tres han sido utilizados en la zona 03. A la caja de empalme CEO-8, llega el cable de fibra principal por la calle 08 y el cable de fibra backup llega por la misma calle 08, en esta caja se realiza la fusión y empalme de las fibras 8 de la red principal y 46 del cable de la red backup, este empalme se realiza directamente a las dos entradas del

splitter SP-ALI-8. El splitter SP-ALI-8, se ubica dentro de la caja de empalme CEO-8. Posteriormente continua así su recorrido con los fusionando y empalmando los hilos al splitter de alimentación SP-ALI-9 y SP-ALI-10 respectivamente, estos quedan empalmado de la siguiente manera.

- F-PR-D (fibra principal por el lado derecho)
 - ✓ El hilo 8, entrada principal al splitter SP-ALI-8
 - ✓ El hilo 9, entrada principal al splitter SP-ALI-9
 - ✓ El hilo 10, entrada principal al splitter SP-ALI-10
- F-BK-I (fibra backup por el lado izquierdo)
 - ✓ El hilo 46, entrada backup al splitter SP-ALI-8
 - ✓ El hilo 47, entrada backup al splitter SP-ALI-9
 - ✓ El hilo 48, entrada backup al splitter SP-ALI-10

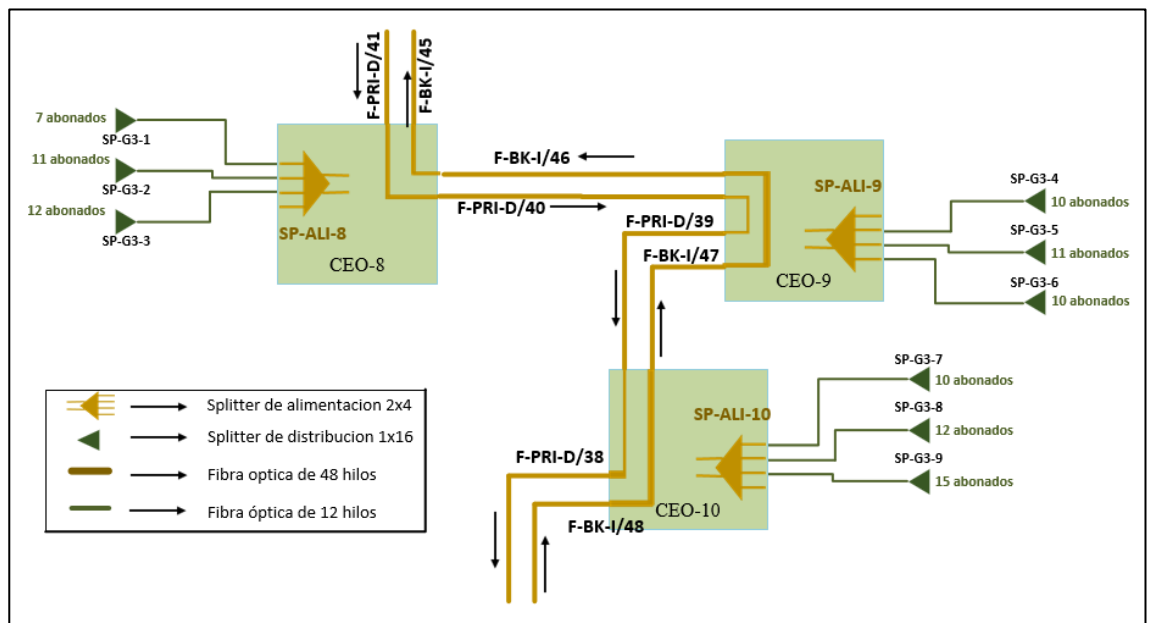


Figura 4.12. Topología de la zona 03
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la figura N° 4.12, la distribución de la red a partir de los splitters de alimentación queda de la siguiente manera:

- Del splitter primario SP-ALI-8; distribuye a los splitters secundarios SP-G3-1, SP-G3-2 y SP-G3-3; dispersando a 30 abonados en total.
- Del splitter primario SP-ALI-9; distribuye a los splitters secundarios SP-G3-4, SP-G3-5 y SP-G3-6; dispersando a 31 abonados en total.
- Del splitter primario SP-ALI-2; distribuye a los splitters secundarios SP-G3-7, SP-G3-8 y SP-G3-9; dispersando a 37 abonados en total.

4.2.4. Equipos y elementos de la Red FTTH

4.2.4.1. Equipo OLT (Equipo Terminal de Línea)

El OLT es un elemento activo de la red FTTH, es el centro de toda la red de arquitectura GPON, las arquitecturas GPON, es empleada en diferentes estructuras como el tipo árbol y anillo que son las más empleadas en una red FTTH.

Para el diseño esta red FTTH, se utilizó dos OLTs Huawei MA5608T, este OLT con una tarjeta de 16 puertos GPON tiene la capacidad de desplegar a 2048 usuarios, este equipo es suficiente para cubrir los 380 abonados que conforman la red FTTH; este OLT tiene una tarjeta de 16 puertos GPON, una tarjeta de 4 puertos XG-PON1 y una tarjeta de 48 puertos VDSL2+POTS combo (Anexo 4). Cada interfaz GPON puede brindar servicio a 128 suscriptores, pero en 128 usuarios las pérdidas de señal se incrementarían a su más alto valor, por lo que este diseño está hecho para utilizar dos equipos OLT, en el OLT1 se van a utilizar 10 interfaces PON en modo activo y para el OLT2 se van a utilizar 10 interfaces PON, en modo pasivo, según el diseño cada interfaz PON tiene un máximo de 64 usuarios.

En la siguiente tabla N° 4.8, se detalla las características básicas del equipo:

Características básicas	
Interfaces de una tarjeta de 16 puertos GPON	Velocidad de transmisión: 2.5 y 1.2 Gbps en sentido descendente y 1.2 Gbps en sentido ascendente
	Presupuesto de potencia: -28Dbm (clase B+) y -32Dbm (Clase C ++)
	Longitud de onda operativa: Tx: 1490 nm Rx: 1310 nm
	Mínima potencia óptica de salida: 6 dBm Máxima potencia óptica de salida: 10 dBm.
Requerimiento de alimentación	DC: -38.4VDC to -72VDC
	AC: 100V – 240V
Temperatura de operación	-40° F - 149 ° F
Temperatura de almacenamiento	-40° F - 158 ° F
Humedad de funcionamiento	5% - 95%
Dimensiones	Dimensions (H x W x D): 3.47in x 17.4in x 9.63in

Tabla 4.8. Características básicas del OLT Huawei MA5608T.
Fuente: (Huawei Technologies (USA), 2014)

En la siguiente figura N° 4.13, se muestra el OLT Huawei MA5608T, empleado en el diseño de la red FTTH.



Figura 4.13. OLT Huawei MA5608T
Fuente: (Huawei Technologies (USA), 2014)

4.2.4.2. Splitter (Divisor Óptico) 2xN

El splitter óptico es un elemento pasivo de la red FTTH, cumple la función de dividir la señal en N salidas, cuyas salidas pueden ser de 2, 4, 8, 16, 32 y 64; también existen divisores ópticos con dos entradas: 2x4, 2x8, 2x16,

2x32 y 2x64 que son utilizados en redes FTTH con líneas backup. En el diseño se utilizan dos tipos de splitters balanceados sin conectores, el splitter primario 2x4 para la red principal, y para la red secundaria se utilizan los splitter 1x16; ambos splitter de la marca Furukawa. (Anexo 5).

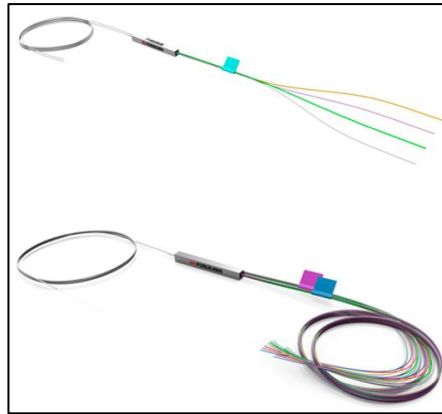


Figura 4.14. Splitters balanceados 2xN

Fuente: (FURUKAWA, eCommerce, 2019) (FURUKAWA, eCommerce, 2018)

4.2.4.3. ODF (Distribuidor de fibra Óptica)

Es un elemento pasivo, llamado fuente repartidora de líneas físicas fibra óptica o bandeja óptica, este elemento facilita la interconexión de cables de fibra óptica de planta externa con los latiguillos que se conectan al SW Extreme y el OLT del nodo FTTH. Para este diseño se utiliza un ODF de 24 puertos. Para el diseño se va a utilizar un ODF correspondiente al nodo. Es responsable por alojar y proteger los empalmes ópticos y almacenar los excesos de fibras. Cada kit es compuesto de una bandeja de empalme de hasta 12 o hasta 24 fibras, fabricada en plástico de alto impacto UL-94 V0. (Anexo 6).

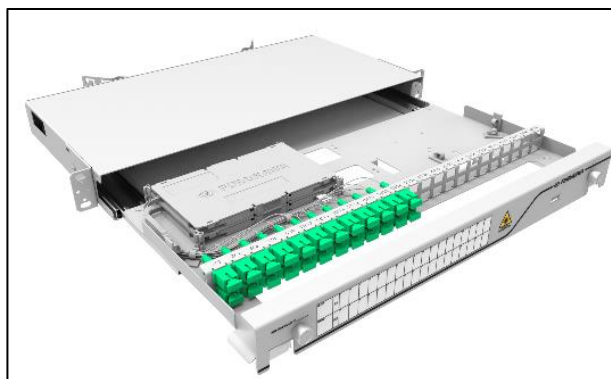


Figura 4.15. Kit de bandeja de empalme stack - Furukawa
Fuente: (FURUKAWA, eCommerce, 2018)

4.2.4.4. Caja de Empalme

El Conjunto de Empalme Óptico FK-CEO-4T utilizado para proteger y acomodar los empalmes ópticos para la transición o derivación entre cables de fibra óptica. Aplicables en vías aéreas con capacidad para hasta 144 fibras, acomodadas en bandejas con capacidad de 24 empalmes.

Sus bandejas pueden acomodar empalmes, splitters o fibras con un radio mínimo de curvatura de hasta 30mm. Tienen guías que permiten el cambio de fibras, caso sea necesario. Posibilita hacer derivación, terminación o sangrado de cables ópticos con entrada oval para cable con diámetros variando de 10 hasta 17,5mm y hasta 4 portas redondas de derivación de cables ópticos con diámetros de 8 hasta 17,5 mm.

Hay que considerar que se va a utilizar este tipo de cajas de empalme para cubrir, fusionar y empalmar los splitters primarios 2x4. En la figura N° 4.16, se muestra la caja de empalme óptico que se ha utilizado en el diseño. (Anexo 7).



Figura 4.16. FK-CEO-4M-144F - Furukawa
Fuente: Caja de empalme (FURUKAWA, eCommerce, 2019)

4.2.4.5. Caja Terminal Óptica (CTO)

La Caja de Terminación Óptica FK-CTO-16MC tiene la finalidad de almacenar y proteger los empalmes ópticos por fusión entre el cable de distribución y los drops de una red óptica de terminación. Para el diseño utilizamos una caja terminal FK-CTO-16MC de la marca Furukawa, posee una bandeja con 16 adaptadores SC-APC y un splitter 1x16 NC / SC-APC, para el diseño únicamente se realiza una fusión de fibra que es entre la fibra de distribución y la entrada del splitter 1x16 sin conector, las 16 salidas están conectados a los conectores por fábrica de la caja terminal óptica. En la figura N° 4.17, se muestra la caja terminal óptica que se utiliza en el diseño de la red FTTH. (Anexo 8).



Figura 4.17. Caja terminal FK-CTO-16MC - Furukawa
Fuente: (FURUKAWA, eCommerce, 2019)

4.2.4.6. Roseta Óptica

La roseta óptica es un elemento pasivo, es el último elemento de la red FTTH hasta dónde llega el cable de acometida, se ubica en el domicilio del abonado, la roseta óptica se ubica en la pared lo más cercano a la ubicación del ONT u ONU. En la figura N° 4.18, se muestra la roseta que empleamos para el diseño, una roseta óptica FLEX OPTICAL OVERLAP 1P C / APC SC ADAP 1 –WHILE. (Anexo 9).

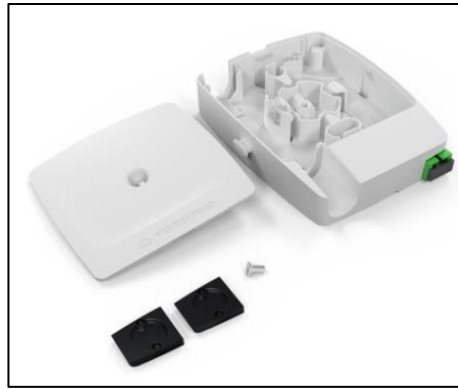


Figura 4.18. Roseta Óptica FLEX OPTICAL OVERLAP 1P C - Furukawa
Fuente: (FURUKAWA, eCommerce, 2019)

4.2.4.7. Equipo terminal de red (ONT – Optical Network Termination)

La LD421-21W es una ONT (Optical Network Terminal) compatible con el estándar ITU-T G.984. El equipo soporta tasas de hasta 2.5Gbps para downstream y 1.25Gbps para upstream. La ONT soporta servicios completos de Triple Play, incluyendo voz, vídeo y datos, con antena WiFi integrada. El modem tiene las siguientes interfaces:

- ✓ 1 interfaz óptica GPON SC-APC
- ✓ 1 interfaz metálica RJ-45 10/100 Base-T (FastEthernet)
- ✓ 1 interfaz metálica RJ-45 10/100/1000Base-T (GbE);
- ✓ 1 interfaz metálica RJ-11 FxS (para telefonía analógica);
- ✓ Antena WiFi

En la figura N° 4.19, se muestra el ONT MODEM OPTICO LIGHTDRIVE GPON LD421-21W que es empleado en el diseño. (Anexo 10).



Figura 4.19. Modem óptico LIGHTDRIVE GPON LD421-21W
Fuente: (FURUKAWA, eCommerce, 2019)

4.2.4.8. Cables de fibra óptica

Para el diseño de la red FTTH, empleamos 3 tipos de cable de fibra óptica, con diferente cantidad de hilo dependiendo del despliegue, tal como se muestra a continuación:

a) Fibra óptica – de Alimentación

El despliegue de fibra de la red de alimentación abarca desde el OLT hasta el splitter de alimentación, se consideró un tipo de cable, para la red primaria. Desde el OLT hasta las CEO donde se ubican los splitters primarios, se consideró fibra de 48 hilos. La fibra que vamos a utilizar es la siguiente: CABLE ÓPTICO AÉREO AUTOSOPORTADO – AS de 48 hilos monomodo. En el Anexo N° 11, se muestra las especificaciones técnicas.



Figura 4.20. Cable aéreo autoportado – AS - Furukawa
Fuente: (Telalca, 2016)

b) Fibra óptica – Red de distribución

El tendido de fibra óptica de la red de distribución abarca desde el splitter primario hasta el splitter secundarios, para este despliegue se utiliza la fibra CABLE ÓPTICO AEREO AUTOSOPORTADO – AS – RA de 12 hilos monomodo. En la figura N° 4.21, se muestra la fibra para la red de distribución. En el anexo N° 11, se muestra las especificaciones técnicas. (Anexo 11).



Figura 4.21. Cable aéreo autosoportado – AS - RA - Furukawa
Fuente: (Telalca, 2016)

c) Fibra óptica – Red de dispersión (Fibra de acometida)

Es el tramo de la fibra desde el splitter secundario hasta la roseta que se ubica en el cliente final. Para este tramo utilizamos la fibra CABLE ÓPTICO DROP (CFOAC-AS-UT) – ABNT de 4 hilos, hay que considerar que esta fibra de acometida tiene que ser máximo de 400 metros de distancia entre el CTO hasta el ONT. En la figura N° 4.22 se muestra la fibra que vamos a emplear para este tramo, así mismo en el anexo 12 se detallan sus especificaciones técnicas.



Figura 4.22. Cable óptico (CFOAC-AS-UT) - ABNT - Furukawa
Fuente: (FURUKAWA, eCommerce, 2019)

4.2.4.9. SW Extreme X670-G2-48X

Para este diseño utilizamos un switch de capa 3, trabaja con puertos con ancho de banda de Gigabits para las conexiones con los OLT. También tiene funcionamiento en capa tres para seguridad básica y enrutamientos estáticos, RIP, OSPF y EIGRP, tiene 48 puertos de transmisión de fibra óptica de 1G/10G a través de módulos SFP, tienen una distancia alcanzable

de hasta 80 km entre conexiones directas en la red troncal; también posee 4 puertos ópticos con módulos 40G, que se utilizan las conexiones con los OLTs. En la siguiente figura N° 4.23, se muestra el SW Extreme X670-G2-48X. (Anexo 13).



Figura 4.23. SW Extreme X670-G2-48X
Fuente: (Series, s.f.)

4.2.4.10. Módulos SFP

Para las conexiones del SW Extreme a los OLT, se emplean los módulos XGSF-BS3512-20D de 1.25G, tiene un alcance para enlaces de hasta 20 km, funciona con longitudes de onda de 1550 nm y 1310 nm. Se muestra los detalles técnicos de estos módulos. (Dennis Ancajima, 2018)



Figura 4.24. XGSF-BS3512-20D
Fuente: (Dennis Ancajima, 2018)

4.2.5. Cálculo de atenuación o pérdidas ópticas de la red

Uno de los puntos más importantes para el diseño de la red FTTH es validar la atenuación o pérdidas que presente un enlace desde el nodo FTTH hasta el equipo final del cliente ONT, en el peor de los casos es necesario validar la atenuación máxima en la red, de acuerdo con el equipo ONT Huawei que

vamos a emplear tiene una potencia de recepción de -27dbm. Por lo que para conocer la potencia atenuación hay que considerar la perdida de señal o atenuaciones en los splitter, la fibra conectores y empalmes. En este diseño se comprueba que la red cumple con las especificaciones de potencia hasta el usuario final, se debe considerar como potencia umbral con la que transmite el OLT.

En la figura N° 4.25, se muestra la topología de un enlace desde el OLT hasta el ONT, de acuerdo con esta topología se podrá realizar el cálculo de la potencia de recepción.

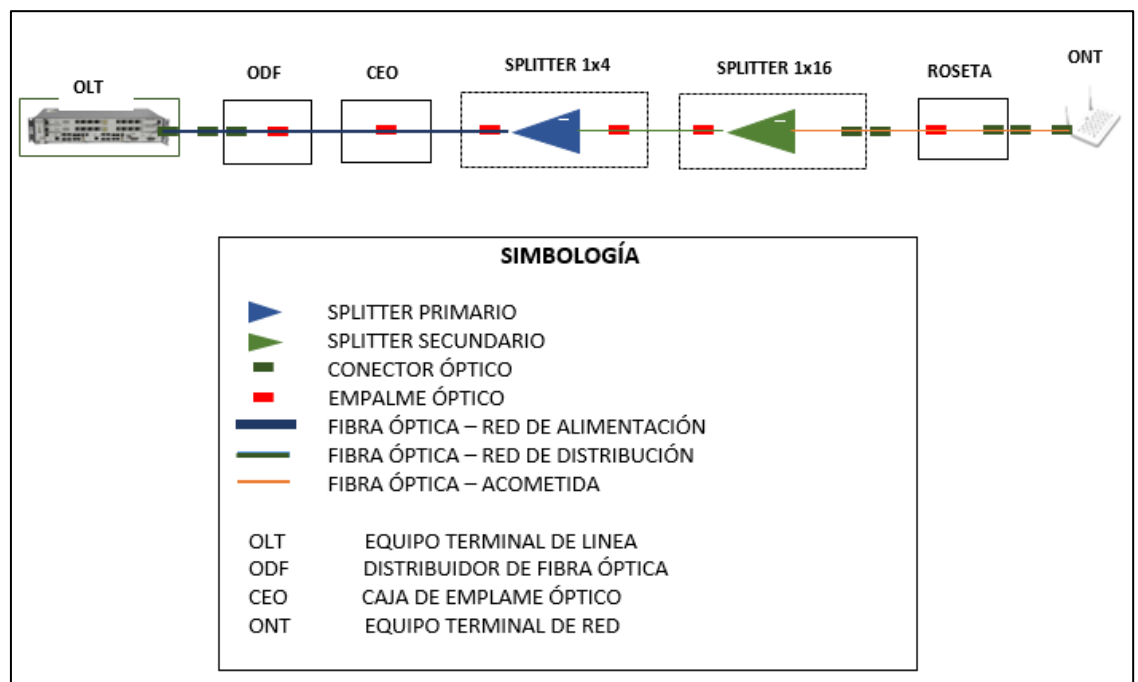


Figura 4.25. Topología para cálculo de potencia óptica
 Fuente: (Dennis Ancajima, 2018)

Para el cálculo de la atenuación en la red óptica, se debe tener en cuenta la siguiente relación:

$$At_{max} = N_{con} * At_{con} + N_{emp} * At_{emp} + \sum (N_{split(i)} * At_{split(i)}) + L_{max} * At_{fib}$$

Se consideró los cinco valores fundamentales de atenuación para poder determinar la atenuación máxima en la red, estos son:

- At_{fib} – Atenuación de la fibra óptica

- $At_{split(i)}$ – Atenuación del splitter
- At_{con} – Atenuación de los conectores
- At_{emp} – Atenuación del empalme
- At_{max} – Atenuación máxima de la red

Esta atenuación máxima está relacionada con el alcance del equipo, es decir es la máxima potencia de atenuación que soporta el sistema. De acuerdo con el OLT que vamos a utilizar, potencia máxima es de 28 dB (Clase B +).

Según la tabla N° 4.9, se realiza un resumen de los valores de la atenuación de los elementos de red la red, estos valores son obtenidos de los de las especificaciones técnicas de los equipos a emplear (Furukawa, 2013), además de acuerdo con el apartado anterior se trabaja con fibra de la marca Furukawa, y Furukawa trabaja con valores de atenuación estandarizados por la norma ITU-T- 652D.

Atenuaciones	dB
Divisor óptico primario 1x16	13.7
Divisor óptico secundario 2x4	7.1
Conectores	0.3
Empalme	0.03
Cable	0.35

Tabla 4.9.: Atenuación de elementos de la red.
Fuente: (Calameo, 2014)

Hay que considerar que los dos OLT tienen la misma configuración y administración a nivel lógico. La diferencia está en su recorrido o despliegue físico, en total son 380 abonados en el condominio Galilea, los 380 abonados tienen diferente valor de atenuación, ya que los tramos de fibra son diferentes para todos. Para realizar el cálculo de la atenuación vamos a considerar el punto más lejano por splitter primario, tanto por la red principal y por la red backup, es decir se calculó la atenuación de 10 puntos. El tramo de fibra de acometida hemos considerado una longitud máxima de 70 metros.

En la tabla N° 4.10, se realizó el cálculo de la potencia óptica de la red principal, abarca desde el OLT Huawei hasta el ONT del cliente.

En la tabla N° 4.11, se realizó el cálculo de la potencia óptica de la red backup abarca desde el OLT Huawei hasta el ONT del cliente.

A continuación, se muestra el cálculo de los cuatro primeros enlaces del enlace, y los demás se especifican directamente en el cuatro.

Teniendo en cuenta la relación de presupuesto óptico:

$$At_{max} = N_{con} * At_{con} + N_{emp} * At_{emp} + \sum (N_{split(i)} * At_{split(i)}) + L_{max} * At_{fib}$$

De acuerdo con el grafico N° 4.25, la topología del cálculo de potencia óptica se puede validar que son 8 números de conectores y 5 empalmes ópticos.

Para calcular el total de fibra óptica desde el OLT hasta el ONT, se estima la fibra desde:

- Nodo FTTH hasta CEO
- CEO hasta el splitter primario
- Splitter primario hasta el splitter secundario
- Splitter secundario hasta el ONT

$$1. \quad At_{max} = (8 \times 0.3) + 5 \times 0.03 + (1 \times 7.1) + (1 \times 13.7) + 0.230 \times 0.35$$

$$At_{max} = 23.532$$

Hay que considerar que por cada CEO que pasa un enlace, hay un empalme óptico, por lo que para llegar al cliente más lejano al cliente que se conecta al splitter primario 2, pasa por dos CEO; el enlace aumenta a un empalme más.

$$2. \quad At_{max} = (8 \times 0.3) + 5 \times 0.03 + (1 \times 7.1) + (1 \times 13.7) + 0.166 \times 0.35$$

$$At_{max} = 23.408$$

$$3. \quad At_{max} = (8 \times 0.3) + 5 \times 0.03 + (1 \times 7.1) + (1 \times 13.7) + 0.216 \times 0.35$$

$$At_{max} = 23.426$$

$$4. \quad At_{max} = (8 \times 0.3) + 5 \times 0.03 + (1 \times 7.1) + (1 \times 13.7) + 0.498 \times 0.35$$

$$At_{max} = 23.524$$

Estos cuatro valores de atenuación son hallados de la red principal, y así sucesivamente calculamos los demás valores de atenuación en el enlace.

SPLITTER	N_{con}	At_{con}	N_{emp}	At_{emp}	L_{max}(Km)	At_{fib}(Km)	At_{split}(1)	At_{split}(2)	ATENUACION (dB)
SP-ALI-1	8	0.3	5	0.03	0.230	0.35	7.1	13.7	23.532
SP-ALI-2	8	0.3	5	0.03	0.166	0.35	7.1	13.7	23.408
SP-ALI-3	8	0.3	5	0.03	0.216	0.35	7.1	13.7	23.426
SP-ALI-4	8	0.3	5	0.03	0.498	0.35	7.1	13.7	23.524
SP-ALI-5	8	0.3	5	0.03	0.418	0.35	7.1	13.7	23.496
SP-ALI-6	8	0.3	5	0.03	0.576	0.35	7.1	13.7	23.552
SP-ALI-7	8	0.3	5	0.03	0.701	0.35	7.1	13.7	23.595
SP-ALI-8	8	0.3	5	0.03	0.755	0.35	7.1	13.7	23.614
SP-ALI-9	8	0.3	5	0.03	0.890	0.35	7.1	13.7	23.662
SP-ALI-10	8	0.3	5	0.03	1.043	0.35	7.1	13.7	23.715

Tabla 4.10. Potencia óptica de los enlaces de la red principal FTTH.

Fuente: Elaboración propia

SPLITTER	N_{con}	At_{con}	N_{emp}	At_{emp}	L_{max}	At_{fib(Km)}	At_{split(1)}	At_{split(2)}	ATENUACION (dB)
SP-ALI-1	8	0.3	5	0.03	0.231	0.35	7.1	13.7	23.431
SP-ALI-2	8	0.3	5	0.03	1.151	0.35	7.1	13.7	23.753
SP-ALI-3	8	0.3	5	0.03	1.099	0.35	7.1	13.7	23.791
SP-ALI-4	8	0.3	5	0.03	1.059	0.35	7.1	13.7	23.735
SP-ALI-5	8	0.3	5	0.03	0.911	0.35	7.1	13.7	23.669
SP-ALI-6	8	0.3	5	0.03	0.793	0.35	7.1	13.7	23.628
SP-ALI-7	8	0.3	5	0.03	0.624	0.35	7.1	13.7	23.568
SP-ALI-8	8	0.3	5	0.03	0.566	0.35	7.1	13.7	23.548
SP-ALI-9	8	0.3	5	0.03	0.427	0.35	7.1	13.7	23.498
SP-ALI-10	8	0.3	5	0.03	0.290	0.35	7.1	13.7	23.452

Tabla 4.11. Potencia óptica de los enlaces de la red backup FTTH.
Fuente: Elaboración propia

4.2.6. Designación de ancho de banda por cada interfaz PON

Según las especificaciones técnicas del OLT Huawei que se utilizó en este diseño, para tecnología GPON, puede transmitir en un ancho de banda de 2.5 Gbps en sentido descendente y 1.2 Gbps en sentido ascendente, por lo que son valores considerados en la recomendación ITU-T G.984.1. Para realizar el cálculo de la designación de ancho de banda en cada interfaz PON, se consideró los tres servicios básicos que requiere un abonado, el decir el servicio completo Triple Play, que incluye Telefonía por IP, TV por IP y acceso a la internet (Dennis Ancajima, 2018).

Para el servicio VoIP usa el códec G.729, este posee una tasa la tasa de velocidad de carga y descarga de 31,3Kbps, el servicio IPTV posee una tasa de velocidad de descarga de 10 Mbps y de carga 2.5 Mbps. (INEI, Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2017).

Y para el acceso a internet se estima una velocidad 8 Mbps y 4 Mbps, en la siguiente tabla N° 4.12, se muestra el total de ancho de banda por consumo de abonado.

Servicio	Descarga (Mbps)	Carga (Mbps)
VoIP	0.0313	0.0313
IPTV	10	2.5
Internet	9	5
Total	19.0313	7.5313

Tabla 4.12. Tasa de transmisión de servicios.

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la información de la tabla N° 4.12, es necesario 19.0313 Mbps de descarga y 7.5313 Mbps de carga, para el diseño se designa 20 Mbps de descarga y 8 Mbps de subida. De acuerdo con la recomendación ITU-T G.984.1 y a las especificaciones técnicas del OLT Huawei, los valores de transmisión de 2.5 Gbps en sentido descendente y 1.2 Gbps en sentido ascendente se asigna por cada interfaz PON.

Hay que considerar que no todo el ancho de banda se va a distribuir por todas las interfaces PON, debido a que hay PON que no tienen 64 abonados conectados, sino hay un máximo de 48 de acuerdo con el estudio realizado, por lógica una interfaz PON viene a ser una conexión directa a un splitter primario.

SPLITTER	abonados	Descarga		Carga	
		Mbps	Gbps	Mbps	Gbps
SP-ALI-1	40	800	0.781	320	0.313
SP-ALI-2	36	720	0.703	288	0.281
SP-ALI-3	30	600	0.586	240	0.234
SP-ALI-4	33	660	0.645	264	0.258
SP-ALI-5	47	940	0.918	376	0.367
SP-ALI-6	48	960	0.938	384	0.375
SP-ALI-7	48	960	0.938	384	0.375
SP-ALI-8	30	600	0.586	240	0.234
SP-ALI-9	31	620	0.605	248	0.242
SP-ALI-10	37	740	0.723	296	0.289
TOTAL	380	7600			

Tabla 4.13. Designación de ancho de banda por interfaz PON.
Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

- Se realizó un cálculo aproximado de la demanda potencial que puede ser cubierta en el Condominio Galilea de Castilla para los servicios de voz, datos y video, para esto se ha considerado una cobertura del 80% en todas las zonas del condominio debido a que se ha considerado que los vecinos que viven en este condominio pueden solventar los gastos de este servicio FTTH, y que en el futuro podría ampliarse al 100% debido a que se ha dejado líneas de fibra sin uso para estas ampliaciones.
- Se diseñó la red de Telecomunicaciones FTTH para el condominio Galilea considerando que la cabecera parte del nodo principal ubicado en una cámara subterránea al costado del parque Nro. 04, en la calle Nro. 03, luego se hace el mapeo de la red por todas las etapas del condominio, asimismo se han calculado los metrados y ubicación de todo el equipamiento necesario para todas las zonas de despliegue tanto para la red de planta externa FTTH, como es la ubicación de los equipos de agregación, distribuidores de fibra óptica, ubicación de los splitter, del mismo modo la red de distribución, red de acometida, y por último se diseña el despliegue de la red FTTH en planta externa que es el tendido de fibra óptica entre el site de Bitel y el nodo FTTH, etc.
- Se calcularon las pérdidas o atenuaciones presentes en los enlaces ópticos de la red FTTH desde el nodo FTTH hasta el equipo final del cliente ONT.
- Por último se estimó la tasa de transmisión de los servicios o ancho de banda por cada interfaz PON.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda proponer este diseño a las empresas operadora de telefonía para que se evalúe su factibilidad y pueda implementarse esta red FTTH en el condominio Galilea, de esta manera se estaría favoreciendo el acceso a los servicios de voz y datos a por lo menos el 80% de los vecinos de este importante condominio.
- Se recomienda realizar un estudio de mercado en la zona para ver la factibilidad del proyecto.
- Se recomienda realizar un perfil técnico de este proyecto donde estén involucrados los presupuestos del costo de la implementación ya que este diseño solo propone la ingeniería de diseño.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Jhonatan Asenjo, (2014). “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA RED FIBRA ÓPTICA (FTTH) PARA BRINDAR SERVICIOS DE VOZ, VIDEOS Y DATOS EN SECTOR BARRIOS BAJOS DE LA CIUDAD DE VALDIVIA” *Universidad Austral de Chile*, obtenido de: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2014/bmfcia816d/doc/bmfcia816d.pdf>
- Marchukov Yaroslav, (2011). “DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN GRÁFICA PARA EL DISEÑO DE INFRAESTRUCTURAS FTTH” *Universidad Politécnica de Valencia*, obtenido de: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/13413/memoria.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Josep Segarra, “Planning and Designing FTTH Network: ELEMENTS, TOOLS AND PRACTICAL ISSUES”, de la *Universitat Politècnica de Catalunya*, obtenido de: <http://ieeexplore.ieee.org/document/8025942/?reload=true>
- William Arias de la Cruz, “DISEÑO DE UNA RED FTTH UTILIZANDO EL ESTÁNDAR GPON EN EL DISTRITO DE MAGDALENA DEL MAR”, desarrollado por Joseph, en la *Pontificia Universidad Católica del Perú*, obtenido de: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/7506>
- Adolfo García, mayo 2014 “GPON Y GPON Doctor, Introducción y Conceptos Generales”. Telnet. Obtenido de: <http://www.ccapitalia.net/descarga/docs/2012-gpon-introduccion-conceptos.pdf>
- Miguel Lattanzi, “REDES FTTx conceptos y aplicaciones”, IEEE Argentina. Obtenida de: <http://www.cicomra.org.ar/cicomra2/expocomm/tutorial%209%20lattanzi%20y%20graf-%20ieee.pdf>
- Antonio Pérez Cuenca, febrero 2012, “IMPLANTACION DE LA RED FTTH COMO ALTERNATIVA A LA RED DE COBRE”, desarrollado por, *Universidad Politécnica de Catalunya*. Obtenido de: <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/15083/Mem%C3%B2ria.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Lozano Blanco Alejandro, (2014) “ESTUDIO DE LAS REDES FTTH Y DESPLIEGUE DE UNA RED FTTH EN EL BARRIO DE LOS BERMEJALES”, desarrollado en la *Universidad de Sevilla*, obtenido de: http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/12224/fichero/PFC_AlejandroLozanoBlanco.pdf
- “ITU-T G.984.1, marzo 2008”, obtenido de: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.1/es>

- Abreu, M. (2009). *Características generales de una red de fibra óptica al hogar (FTTH)*. Obtenido de: [http://www.um.edu.uy/_upload/_descarga/web_descarga_179_ CaracteristicasgeneralesredfibrapticaalhogarFTTH.-VVAA.pdf](http://www.um.edu.uy/_upload/_descarga/web_descarga_179_CaracteristicasgeneralesredfibrapticaalhogarFTTH.-VVAA.pdf)
- Ancajima, D. (2018). Diseño de una red de fibra óptica FTTH para el acceso de banda ancha en el distrito de Piura.
- Calameo. (2014). *Catálogo Furukawa 2013*. Obtenido de <http://es.calameo.com/books/0039487124ab44cd2868c>.
- FURUKAWA. (2018). *eCommeceer*. Obtenido de: <http://www.efurukawa.com/storefront/p/dio-bt-48-48f-sm-sc-apc-abnt/35260490>.
- FURUKAWA. (2019). *eCommerce*. Obtenido de: <https://www.furukawatam.com/pt-br/versao-et-pdf/splitter-optico-2xn-balanceado>.
- FURUKAWA. (2019). *eCommerce*. Obtenido de: <https://www.furukawatam.com/pt-br/versao-et-pdf/splitter-optico-1xn-desbalanceado>
- FURUKAWA. (2019). *eCommerce*. Obtenido de: <https://www.furukawatam.com/es/versao-et-pdf/caja-de-empalme-optico-aplicables-en-vias-aereas---fk-ceo-4t/Furukawa>
- FURUKAWA. (2019). *eCommerce*. Obtenido de: <https://www.furukawatam.com/es/versao-et-pdf/caja-de-terminacion-optica-fk-cto-16mc/Furukawa>
- FURUKAWA. (2019). *eCommerce*. Obtenido de: <https://www.furukawatam.com/es/versao-et-pdf/roseta-flex/Furukawa>
- FURUKAWA. (2019). *eCommerce*. Obtenido de: <https://www.furukawatam.com/es/versao-et-pdf/cable-optico-drop-fig8-ftth-cfoac-as-ut---abnt/Furukawa>
- FURUKAWA. (2019). *eCommerce*. Obtenido de: <https://www.furukawatam.com/es/versao-et-pdf/modem-optico-lightdrive-gpon-ld421-21w/Furukawa>
- Huawei Technologies (USA)*. (2014). Obtenido de: <https://firstlink.net.np/shop/datasheet/MA5608T-mini%20OLT.pdf>.
- Edinson Aguirre. Bibliocad. *Plano Castilla Piura*. Obtenido de https://www.bibliocad.com/es/biblioteca/plano-de-castilla-piura-peru_92808/

Series, S. X.-G. (s.f.). *Gordion*. Obtenido de https://www.gordion.de/fileadmin/user_upload/X670-G2-DS.pdf.

Telalca, F. . (17 de febrero de 2016). *Soluciones de Tecnología Empresarial en Ecuador*. Obtenido de <https://www.telalca.com/wp-content/uploads/2016/05/cables-fibra-%C3%B3ptica.pdf>.

El mapa muestra la Parcela 1A del Fundo Monteverde, ubicada en la zona de desarrollo urbano de Monteverde, Ecuador. La parcela está dividida en una cuadrícula de lotes residenciales, con calles numeradas (Calle N° 01 a N° 07) y áreas verdes (Parque N° 01 a N° 06). Se indican las etapas de desarrollo (ETAPA-01 a ETAPA-25) y las zonas aledañas: Monteverde 1, Monteverde 3, Camino de Por Medio y Dren. Se resalta un área específica con una línea amarilla.

ANEXO 2



ANEXO 3



Anexos

- 4) <https://firstlink.net.np/shop/datasheet/MA5608T-mini%20OLT.pdf>
- 5) <https://www.furukawatam.com/pt-br/versao-et-pdf/splitter-optico-2xn-balanceado>. <https://www.furukawatam.com/pt-br/versao-et-pdf/splitter-optico-1xn-desbalanceado>
- 6) <http://www.efurukawa.com/storefront/p/dio-bt-48-48f-sm-sc-apc-abnt/35260490>.
- 7) <https://www.furukawatam.com/es/versao-et-pdf/caja-de-empalme-optico-aplicables-en-vias-aereas---fk-ceo-4t/Furukawa>.
- 8) <https://www.furukawatam.com/es/versao-et-pdf/caja-de-terminacion-optica-fk-cto-16mc/Furukawa>.
- 9) <https://www.furukawatam.com/es/versao-et-pdf/roseta-flex/Furukawa>
- 10) <https://www.furukawatam.com/es/versao-et-pdf/modem-optico-lightdrive-gpon-ld421-21w/Furukawa>.
- 11) <https://www.telalca.com/wp-content/uploads/2016/05/cables-fibra-%C3%B3ptica.pdf>.
- 12) <https://www.furukawatam.com/es/versao-et-pdf/cable-optico-drop-fig8-ftth-cfoac-as-ut---abnt/Furukawa>
- 13) https://www.gordion.de/fileadmin/user_upload/X670-G2-DS.pdf